

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-344066

(43)Date of publication of application : 29.11.2002

(51)Int.Cl.

H01S 5/024

F25B 21/02

H01L 23/38

H01L 35/28

H01L 35/32

(21)Application number : 2001-149945

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 18.05.2001

(72)Inventor : HAKOMORI KATSUHIKO

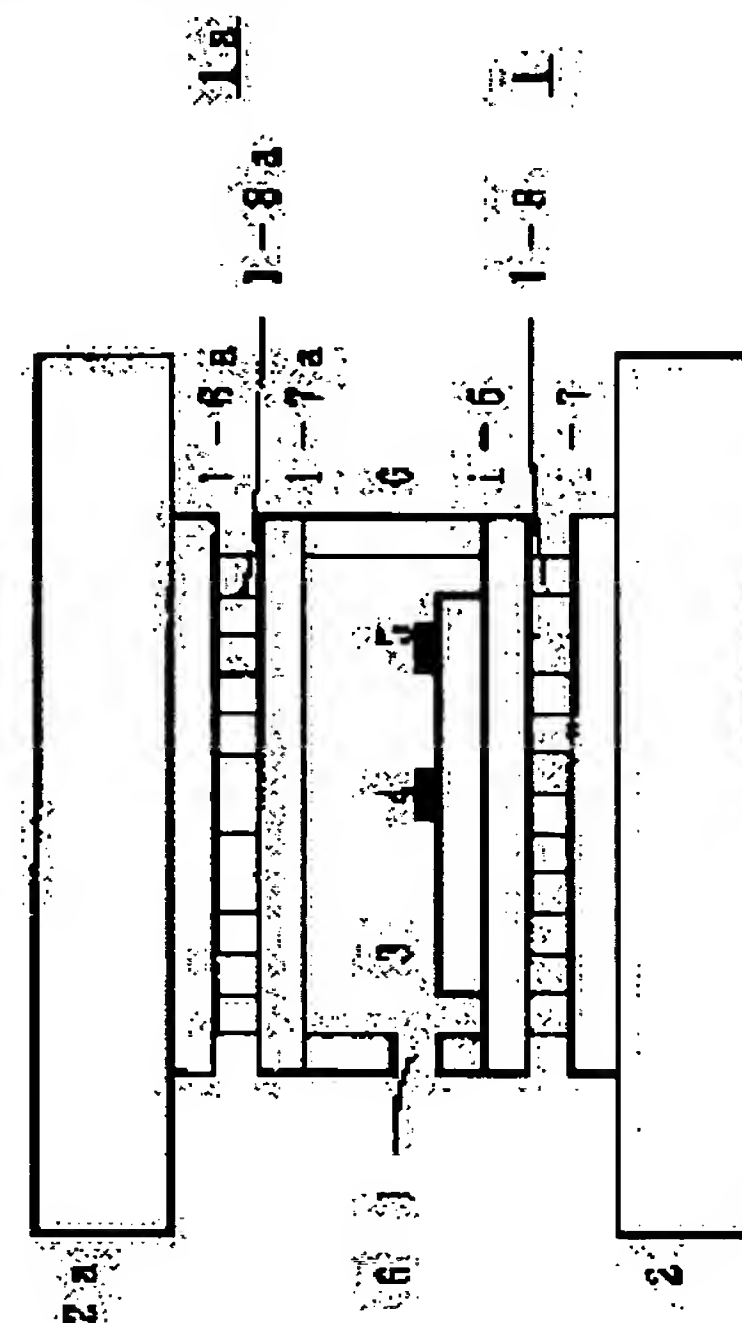
(54) TEMPERATURE CONTROL MODULE OF LASER DIODE AND DRIVE METHOD THEREOF

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a temperature control module of laser diode that has high control temperature performance, and a drive method with enhanced control performance of temperature that is suitable for temperature control module.

SOLUTION: A thermally conductive insulation board 1-6 of a main Peltier element 1, in contact thermally with a laser diode 4, is thermally connected with another thermally conductive insulation board 1-7a of an auxiliary Peltier element 1a which is different from the main Peltier element, through a thermally conductive cylinder 6 having superior thermal conductivity, and the thermally conductive insulation board of the main Peltier element which is in thermal contact with the laser diode is made to thermally have the same property as the thermally conductive insulation board of the auxiliary Peltier element in thermal contact with the thermally conductive cylinder.

本発明の温度制御モジュールの第一の実施の形態（断面図）



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-344066
(P2002-344066A)

(43)公開日 平成14年11月29日(2002. 11. 29)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
H 0 1 S 5/024		H 0 1 S 5/024	5 F 0 3 6
F 2 5 B 21/02		F 2 5 B 21/02	T 5 F 0 7 3
H 0 1 L 23/38		H 0 1 L 23/38	
35/28		35/28	C
35/32		35/32	A
審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 18 頁)			
(21)出願番号	特願2001-149945(P2001-149945)	(71)出願人	000005223 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(22)出願日	平成13年5月18日(2001. 5. 18)	(72)発明者	箱守 克彦 北海道札幌市北区北七条西四丁目3番地1 富士通北海道ディジタル・テクノロジー株式会社内
		(74)代理人	100072590 弁理士 井桁 貞一
		Fターム(参考)	5F036 AA01 BA33 BF01 5F073 BA01 EA29 FA15 FA25 GA12 GA23

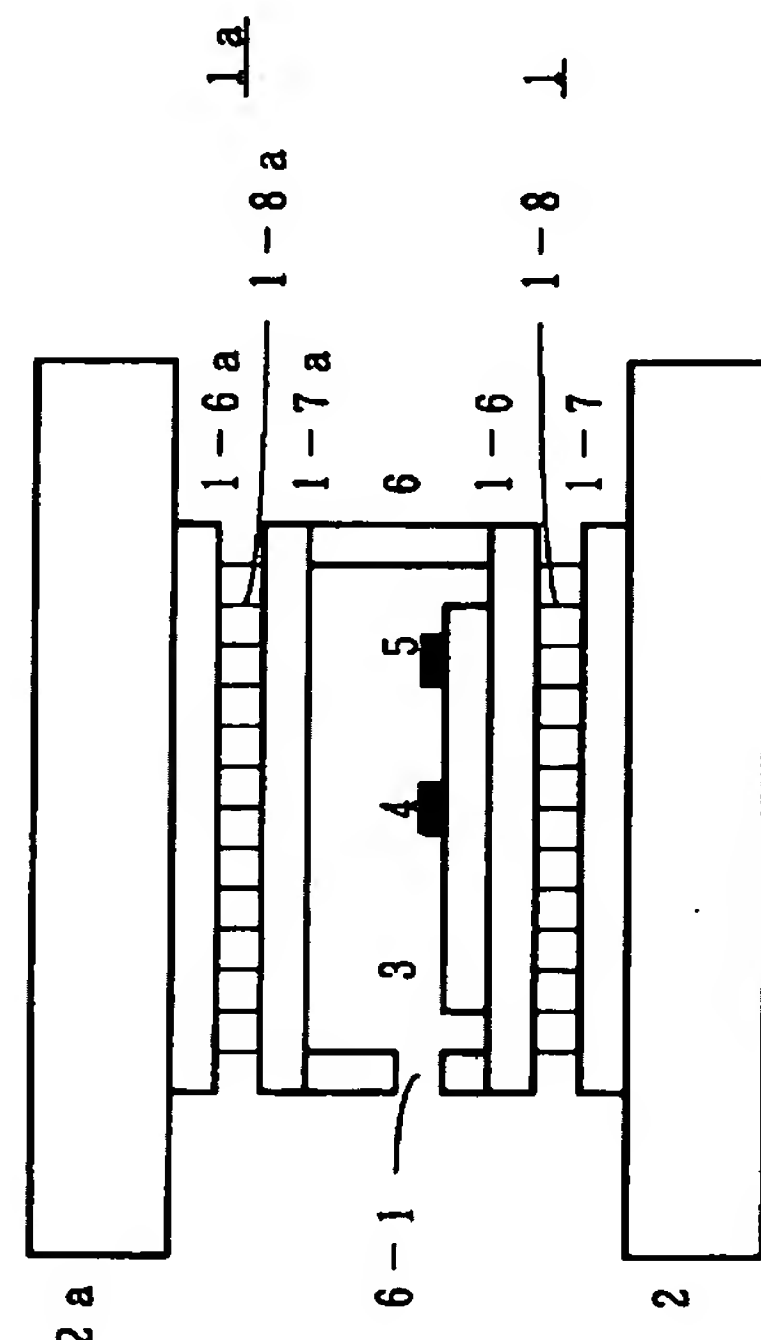
(54)【発明の名称】 レーザ・ダイオードの温度制御モジュール及びその駆動方式

(57)【要約】 (修正有)

【課題】 レーザ・ダイオードの温度制御モジュール及びその駆動方式に関し、温度制御能力が高いレーザ・ダイオードの温度制御モジュール及び温度制御能力を高くした温度制御モジュールに適した駆動方式を提供する。

【解決手段】 レーザ・ダイオード4が熱的に接触している主ペルチェ素子1の熱伝導絶縁板1-6と、該主ペルチェ素子とは異なる補助ペルチェ素子1aの一方の熱伝導絶縁板1-7aとを熱伝導性が良好な熱伝導筒6によって熱的に接続し、該レーザ・ダイオードが熱的に接触している主ペルチェ素子の熱伝導絶縁板と該熱伝導筒に熱的に接触している該補助ペルチェ素子の熱伝導絶縁板とを熱的に同じ性質にする。

本発明の温度制御モジュールの第一の実施の形態(断面図)



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レーザ・ダイオードが熱的に接触している主ペルチェ素子の熱伝導絶縁板と、該主ペルチェ素子とは異なる補助ペルチェ素子の一方の熱伝導絶縁板とを熱伝導性が良好な熱伝導筒によって熱的に接続し、該レーザ・ダイオードが熱的に接触している該主ペルチェ素子の熱伝導絶縁板と、該補助ペルチェ素子の、該熱伝導筒に熱的に接触している熱伝導絶縁板とを熱的に同じ性質にすることを特徴とするレーザ・ダイオードの温度制御モジュール。

【請求項 2】 請求項 1 記載のレーザ・ダイオードの温度制御モジュールにおいて、複数のペルチェ素子を積層して上記補助ペルチェ素子を構成し、上記熱伝導筒によって熱的に接続される上記主ペルチェ素子の熱伝導絶縁板と該補助ペルチェ素子の熱伝導絶縁板の熱的な性質を同じにし、積層されるペルチェ素子の互いに接触する熱伝導絶縁板の熱的な性質を逆にすることを特徴とするレーザ・ダイオードの温度制御モジュール。

【請求項 3】 請求項 1 又は請求項 2 のいずれかに記載のレーザ・ダイオードの温度制御モジュールの駆動方式であって、上記レーザ・ダイオードの測定温度が設定温度を超える場合に上記補助ペルチェ素子に規定の駆動電流を供給し、該レーザ・ダイオードの温度が設定温度以内の場合には該補助ペルチェ素子に駆動電流を供給せず、いずれの場合にも、上記主ペルチェ素子には該測定温度に対応して設定されている駆動電流を供給することを特徴とするレーザ・ダイオードの温度制御モジュールの駆動方式。

【請求項 4】 請求項 1 又は請求項 2 のいずれかに記載のレーザ・ダイオードの温度制御モジュールの駆動方式であって、上記レーザ・ダイオードの測定温度が設定温度を超える場合、又は、上記主ペルチェ素子の駆動電流が最大電流を超える場合に上記補助ペルチェ素子に規定の駆動電流を供給し、該レーザ・ダイオードの測定温度が設定温度以下で該主ペルチェ素子の駆動電流が最大電流以下の場合には該補助ペルチェ素子に駆動電流を供給せず、いずれの場合にも、該主ペルチェ素子には該測定温度に対応して設定されている駆動電流を供給することを特徴とするレーザ・ダイオードの温度制御モジュールの駆動方式。

【請求項 5】 請求項 1 又は請求項 2 のいずれかに記載のレーザ・ダイオードの温度制御モジュールの駆動方式であって、検出した上記レーザ・ダイオードの温度に対応する電圧

と基準電圧との差によって上記主ペルチェ素子の駆動電流を制御する自動温度制御回路と、少なくとも、該レーザ・ダイオードの温度が規定温度を超えていることを検出した時に上記補助ペルチェ素子に規定の駆動電流を供給するための制御信号を出力する検知回路とを備えることを特徴とするレーザ・ダイオードの温度制御モジュールの駆動方式。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10 【発明の属する技術分野】 本発明は、レーザ・ダイオードの温度制御モジュール及びその駆動方式に係り、特に、温度制御能力が高いレーザ・ダイオードの温度制御モジュール及び温度制御能力を高くした温度制御モジュールに適した駆動方式に関する。日本においては、光信号によるデジタル伝送方式は、電気信号によるデジタル伝送方式が主要な伝送方式としての地位を確立したのと同じ頃に実用化の緒につき、1980年代の後半に基幹回線における主要な伝送方式の座を占めるようになった。

20 【0002】 本来、光ファイバ・ケーブルは広帯域であるので、電気・光変換素子としてのレーザ・ダイオードや光・電気変換素子としてのフォト・ダイオードの高速化とあいまって、光デジタル伝送方式は大容量伝送システムに好適な方式として成長してきたが、単一波長伝送による大容量化は限界に近づきつつある。一方、マルチメディア時代の到来、特に、最近のインターネットの急速な普及に伴ってより一層大容量な光デジタル伝送方式の実現が急務となっている。

30 【0003】 かねてより、1本の光ファイバ・ケーブルで電気信号によって変調された単一の波長の光信号を伝送する単一波長伝送方式と、1本の光ファイバ・ケーブルに各々異なる電気信号によって変調された複数の波長の光信号を多重化して伝送を行なう波長多重伝送方式（一般に、「WDM方式」と呼ばれる。「WDM」は「Wavelength Division Multiplexing」の頭文字をとった略語である。）の双方が並行して開発されてきたが、上記のような背景の下、伝送需要の急激な伸長に対処するために波長多重伝送方式の開発にウェイトが移っている。しかも、所要伝送容量の急増に対処するために多重化する波長数が多くなり、波長間隔は狭くなる一方である。

40 【0004】 ところで、一般にレーザ・ダイオードの発振波長は本質的に温度によって変わるという特性がある。従って、波長間隔が狭くなっても安定に通信できるためにはレーザ・ダイオードの温度を正確に制御する必要がある。又、波長多重伝送方式と単一波長伝送方式を問わず、光ファイバ増幅器が広く用いられるようになっており、しかも、光ファイバ増幅器に要請される利得と出力パワーは大きくなるのに伴って、光ファイバ増幅器を構成する稀土類添加光ファイバに励起光を供給する励

起レーザ・ダイオードの出力パワーも大きくなってきている。大パワーの励起光を出力するためには励起レーザ・ダイオードに供給する駆動電流を大きくする必要があり、励起レーザ・ダイオードの消費電力が大きくなる。このため、励起レーザ・ダイオードは高い温度で動作することになり、出力波長の変動が大きくなるばかりでなく、益々消費電力が大きくなって長期間信頼度の低下を招くことになる。

【0005】従って、励起レーザ・ダイオードの温度を適正に制御して出力波長の変動を抑制し、併せて長期間信頼度を確保する必要がある。

【0006】

【従来の技術】レーザ・ダイオードの温度を制御をするために、ペルチェ素子を適用した温度制御モジュールを構成し、ペルチェ素子を構成する熱電半導体の電極に接している熱伝導絶縁板にレーザ・ダイオード・チップをダイ・ボンディングして、ペルチェ素子に流す電流の方向と電流値によってレーザ・ダイオードの温度を制御するのが通常である。

【0007】図14は、ペルチェ素子による冷却・加熱の原理を示す図で、一对のP型の熱電半導体とN型の熱電半導体で構成されるペルチェ素子を示している。図14において、1はペルチェ素子で、P型の熱電半導体1-1、N型の熱電半導体1-2、P型の熱電半導体1-1の一方の端子とN型の熱電半導体1-2の一方の端子とを接続する金属電極1-3、N型の熱電半導体1-2のもう一方の端子に形成された金属電極1-5、P型の熱電半導体1-1のもう一方の端子に形成された金属電極1-4、P型の熱電半導体1-1とN型の熱電半導体1-2が接続された側に配置される熱伝導絶縁板1-6及びP型の熱電半導体1-1とN型の熱電半導体1-2が接続されない側に配置される熱伝導絶縁板1-7によって構成される。

【0008】尚、P型の熱電半導体1-1及びN型の熱電半導体1-2は通常ビスマス・テルルを基本材料とする熱電半導体であり、P型の熱電半導体1-1及びN型の熱電半導体1-2と熱伝導絶縁板1-6及び1-7の間の熱抵抗は微小になるように構成されている。又、23は電池で、図14の如く正電極を金属電極1-5に、負電極を金属電極1-4に接続されている。

【0009】従って、電流は図14の矢印の方向に流れる。即ち、金属電極1-3側では電子はP型の熱電半導体からN型の熱電半導体の方に移動し、金属電極1-5及び1-4の側では電子はN型の熱電半導体からP型の熱電半導体の方に移動する。金属電極1-3側で電子はP型の熱電半導体からN型の熱電半導体の方に移動するということは、電子はエネルギーの低い状態から高い状態に移行することを意味するので、金属電極1-3側では周囲の物質の結晶格子の振動エネルギーを吸収する。即ち、熱伝導絶縁板1-6は冷却される。

【0010】一方、金属電極1-5及び1-4の側で電子はN型の熱電半導体からP型の熱電半導体の方に移動するということは、電子はエネルギーの高い状態から低い状態に移行することを意味するので、金属電極1-5及び1-4の側では放出するエネルギーを周囲の物質に供給する。即ち、熱伝導絶縁板1-7は加熱される。そして、電池の極性を図14とは逆にすると、熱伝導絶縁板1-6が加熱され、熱伝導絶縁板1-7が冷却される。

【0011】つまり、ペルチェ素子の加熱・冷却は電流の方向によって異なるので、レーザ・ダイオード・チップを一方の熱伝導絶縁板にダイ・ボンディングしておき、検出したレーザ・ダイオードの温度によって電流をスイッチングすればレーザ・ダイオード・チップの温度を任意の方向に制御することができる。そして、加熱又は冷却効果は電流の大きさに依存する。

【0012】尚、図14のようなP型とN型の熱電半導体の対を電氣的に複数並列にした1段素子と、図14のようなP型とN型の熱電半導体の対を電氣的に複数直列にした多段素子とがあるが、多段素子の方が冷却側と加熱側の温度差を大きくすることができる。図12は、従来の基本的な温度制御モジュールで、図12(イ)は、温度制御モジュールの上面図、図12(ロ)は、温度制御モジュールの正面図である。

【0013】図12において、1はペルチェ素子で、熱伝導絶縁板1-6、熱伝導絶縁板1-7及び熱電半導体部1-8によって構成される。ここで、熱伝導絶縁板1-6及び熱伝導絶縁板1-7は、表面に金属層を形成し、該金属層の上にレーザ・ダイオード、サーミスタなどをボンディングするので、通常セラミックが使用される。

【0014】尚、熱電半導体部1-8は、図14におけるP型熱電半導体1-1、N型熱電半導体1-2、金属電極1-3、金属電極1-4及び金属電極1-5によって構成されるものである。2はペルチェ素子1の一方の熱伝導絶縁板1-7に接して、ペルチェ素子1が発熱する熱量を外部に伝導し、ペルチェ素子1が吸熱する熱量を外部から伝導する放熱板である。ここで、ペルチェ素子が吸熱する場合に「放熱板」はいささか不自然な感もあるが、マイナスの発熱量を放熱するという解釈で「放熱板」と命名している。尚、放熱板2は金属板とするのが通常であるが、セラミックとすることを阻むものではない。そして、放熱板2は図12の温度制御モジュールを実装する金属ケースの底に固着されるのが通常である。

【0015】3はペルチェ素子の一方の熱伝導絶縁板1-6に接着されたコパール板、4はコパール板3にボンディングされたレーザ・ダイオード、5はコパール板3にボンディングされてレーザ・ダイオード4の温度情報を出力するサーミスタである。ここで、ペルチェ素子1

を構成する熱伝導絶縁板 1-6 にコパール板 3 を接着して、コパール板 3 の上にレーザ・ダイオード 4 及びサーミスタ 5 をボンディングするのは、コパール板 3 の熱膨張係数が小さいことを利用して、温度変動による熱伝導絶縁板 1-6 の膨張又は収縮によってレーザ・ダイオード 4 及びサーミスタ 5 に応力がかからないようにするためと、レーザ・ダイオード 4 と図示を省略している他の光学素子との相対位置の変化を防止するためである。

【0016】ここで、図 12 ではレーザ・ダイオード 4 がコパール板 3 上に直接接着されているように図示しているが、レーザ・ダイオード 4 の出力光の光軸と外部の光ファイバの光軸を合わせるためにコパール板 3 に台を接着した上にレーザ・ダイオード 4 をボンディングすることもある。尚、通常はレーザ・ダイオード 3 のバック光を電気変換した信号を自動パワー制御回路に供給するフォト・ダイオードや、レーザ・ダイオード 4 の出力光を光ファイバに結合するための、レンズ・ホルダに固着されたレンズもコパール板 3 上に実装されるが、本発明の本質ではないことと図面の煩雑化を避けたいことによって図示を省略している。

【0017】又、ペルチェ素子に駆動電流を供給する駆動回路や配線なども図面の煩雑化を避けたいことによって図示を省略している。レーザ・ダイオード 4 の温度が高くて冷却する必要がある時には、ペルチェ素子 1 の熱伝導絶縁板 1-6 側が吸熱してレーザ・ダイオード 4 の温度を低下させる。この時、熱伝導絶縁板 1-7 側が発熱するので、発熱する熱量を放熱板 2 が外部に放熱して冷却効果を上げる。

【0018】一方、レーザ・ダイオード 4 の温度が低くて温度を上昇させる必要がある時には、ペルチェ素子 1 の熱伝導絶縁板 1-6 側が発熱する。この時、熱伝導絶縁板 1-7 側は吸熱するので、放熱板 2 は外部から熱量を熱伝導絶縁板 1-7 に伝導して発熱効果を上げる。上記の如くしてレーザ・ダイオード 4 の温度が一定に制御される。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】ペルチェ素子における低温側の吸熱量は熱電半導体に流す駆動電流に比例して増加するが、熱電半導体の内部抵抗によるジュール熱は駆動電流の 2 乗に比例して増加するので、低温側と高温側の温度差を一定にした時、吸熱量が最大になる電流値が存在し、それ以上の駆動電流を流すと吸熱量は却って減少する。

【0020】図 13 は、ペルチェ素子による冷却の限界を示す図である。図 13 において、縦軸はレーザ・ダイオードの温度（図では、「レーザ・ダイオード」を Laser Diode の頭文字をとった略語「LD」によって表現している。）、横軸は駆動電流で、縦軸も横軸も対数目盛になっていると理解されたい。ペルチェ素子における低温側の吸熱量は熱電半導体に流す駆動電流に比例して増

加するので、レーザ・ダイオードの温度は駆動電流の増加に対して傾斜-1 で低下するが、吸熱量が最大になる電流以上の駆動電流を流すと吸熱量は却って減少して、レーザ・ダイオードの温度は駆動電流の増加に対して傾斜 2 で上昇する。従って、最大電流 I_M を超える電流を流すことは無意味である。

【0021】この冷却の限界を打破するには、熱電半導体の対数が大きいペルチェ素子を使用するか、高温側の熱伝導絶縁板から外部への熱抵抗を減少させる必要がある。しかし、熱電半導体の対数が大きいペルチェ素子を使用するとペルチェ素子の面積が大きくなるを得ず、又、高温側の熱伝導絶縁板から外部への熱抵抗を減少させるためには少なくとも放熱板の表面積を大きくする必要があり、いずれにしても温度制御モジュールが大型になるという問題が生ずる。又、後者の場合には温度制御モジュールの重量が増加するという問題も生ずる。

【0022】更に、図 12 の構造の温度制御モジュールにおいてレーザ・ダイオード 4 を冷却する場合には、レーザ・ダイオード 4 の熱量はコパール板 3 を介してペルチェ素子 1 側に伝導される他に、レーザ・ダイオード 4 の上部空間に放射される。レーザ・ダイオード 4 の上部空間は図 12 の温度制御モジュールを実装する金属ケースで閉じられているので、レーザ・ダイオード 4 が放射する熱量は該金属ケースの中に蓄積される。その上、該金属ケース自体がその外に存在する素子や回路の発熱によって温められている。このため、レーザ・ダイオード 4 の冷却効果がそがれて、レーザ・ダイオード 4 の温度の制御が不正確になるという問題も生ずる。

【0023】本発明は、かかる問題点に鑑み、温度制御能力が高いレーザ・ダイオードの温度制御モジュール及び温度制御能力を高くした温度制御モジュールに適した駆動方式を提供することを目的とする。

【0024】

【課題を解決するための手段】第一の発明は、レーザ・ダイオードが熱的に接触している主ペルチェ素子の熱伝導絶縁板と、該主ペルチェ素子とは異なる補助ペルチェ素子の一方の熱伝導絶縁板とを熱伝導性が良好な熱伝導筒によって熱的に接続し、該レーザ・ダイオードが熱的に接触している主ペルチェ素子の熱伝導絶縁板と、該補助ペルチェ素子の、該熱伝導筒に熱的に接触している熱伝導絶縁板とを熱的に同じ性質にするレーザ・ダイオードの温度制御モジュールである。

【0025】第一の発明によれば、レーザ・ダイオードが熱的に接触している主ペルチェ素子の熱伝導絶縁板と、該補助ペルチェ素子の一方の熱伝導絶縁板とが熱伝導性が良好な熱伝導筒によって熱的に接続されるので、レーザ・ダイオードが熱的に接触している主ペルチェ素子の熱伝導絶縁板と、該熱伝導筒に熱的に接触している該補助ペルチェ素子の熱伝導絶縁板との温度差は小さくなる。

【0026】しかも、レーザ・ダイオードが熱的に接触している該主ペルチェ素子の熱伝導絶縁板と、該熱伝導筒に熱的に接触している該補助ペルチェ素子の熱伝導絶縁板とを熱的に同じ性質にするので、該レーザ・ダイオードが熱的に接触している該主ペルチェ素子の熱伝導絶縁板が低温側である場合には該熱伝導筒に熱的に接触している該補助ペルチェ素子の熱伝導絶縁板も低温側になり、該レーザ・ダイオードが熱的に接触している該主ペルチェ素子の熱伝導絶縁板が高温側である場合には該熱伝導筒に熱的に接触している該補助ペルチェ素子の熱伝導絶縁板も高温側になる。

【0027】従って、レーザ・ダイオードを冷却する必要がある時には冷却能力が高くなり、レーザ・ダイオードの温度を上昇させる必要がある時には温度上昇能力が高くなって、レーザ・ダイオードの温度制御を正確に行なうことが可能になる。第二の発明は、第一の発明のレーザ・ダイオードの温度制御モジュールにおいて、複数のペルチェ素子を積層して上記補助ペルチェ素子を構成し、上記熱伝導筒によって熱的に接続される上記主ペルチェ素子の熱伝導絶縁板と該補助ペルチェ素子の熱伝導絶縁板の熱的な性質を同じにし、積層されるペルチェ素子の互いに接触する熱伝導絶縁板の熱的な性質を逆にするレーザ・ダイオードの温度制御モジュールである。

【0028】第二の発明によれば、第一の発明のレーザ・ダイオードの温度制御モジュールにおいて、複数のペルチェ素子を積層して上記補助ペルチェ素子を構成し、該熱伝導筒によって熱的に接続される上記主ペルチェ素子の熱伝導絶縁板と該補助ペルチェ素子の熱伝導絶縁板の熱的な性質を同じにするので、該補助ペルチェ素子は主ペルチェ素子と同じ方向の温度制御を行なう。

【0029】しかも、積層されるペルチェ素子が互いに接触する熱伝導絶縁板の熱的な性質を逆にするので、積層された複数のペルチェ素子の2つの熱伝導絶縁板の温度の高低は同じ方向になる。このため、積層された複数のペルチェ素子は互いに温度制御能力を高め合うので該補助ペルチェ素子の温度制御能力が高まる結果、上記主ペルチェ素子、該熱伝導筒及び該補助ペルチェ素子によって構成されるレーザ・ダイオードの温度制御モジュール自体の温度制御能力が高まって、レーザ・ダイオードの温度制御を一層正確に行なうことが可能になる。

【0030】第三の発明は、第一の発明又は第二の発明のレーザ・ダイオードの温度制御モジュールの駆動方式であって、上記レーザ・ダイオードの測定温度が設定温度を超える場合に上記補助ペルチェ素子に規定の駆動電流を供給し、該レーザ・ダイオードの温度が設定温度以内の場合には該補助ペルチェ素子に駆動電流を供給せず、いずれの場合にも、該主ペルチェ素子には該測定温度に対応して設定されている駆動電流を供給するレーザ・ダイオードの温度制御モジュールの駆動方式である。

【0031】第三の発明によれば、レーザ・ダイオード

の測定温度が設定温度を超える場合に上記補助ペルチェ素子に規定の駆動電流を供給し、主ペルチェ素子には該測定温度に対応して設定されている駆動電流を供給するので、レーザ・ダイオードの温度制御モジュールの温度制御能力が高まり、レーザ・ダイオードの温度を正確に制御することができる。

【0032】一方、該レーザ・ダイオードの温度が設定温度以内の場合には該補助ペルチェ素子に駆動電流を供給せず、該主ペルチェ素子には該測定温度に対応して設定されている駆動電流を供給するので、レーザ・ダイオードの温度制御モジュールの駆動電力を縮減しながらレーザ・ダイオードの温度制御をおこなうことができる。

【0033】第四の発明は、第一の発明又は第二の発明のレーザ・ダイオードの温度制御モジュールの駆動方式であって、上記レーザ・ダイオードの測定温度が設定温度を超える場合、又は、上記主ペルチェ素子の駆動電流が最大電流を超える場合に上記補助ペルチェ素子に規定の駆動電流を供給し、該レーザ・ダイオードの測定温度が設定温度以下で該主ペルチェ素子の駆動電流が最大電流以下の場合には該補助ペルチェ素子に駆動電流を供給せず、いずれの場合にも、該主ペルチェ素子には該測定温度に対応して設定されている駆動電流を供給するレーザ・ダイオードの温度制御モジュールの駆動方式である。

【0034】第四の発明によれば、レーザ・ダイオードの測定温度が設定温度を超える場合、又は、該主ペルチェ素子の駆動電流が最大電流を超える場合に上記補助ペルチェ素子に規定の駆動電流を供給し、該主ペルチェ素子には該測定温度に対応して設定されている駆動電流を供給するので、レーザ・ダイオードの温度制御モジュールの温度制御能力が高まり、レーザ・ダイオードの温度を正確に制御することができる。

【0035】一方、該レーザ・ダイオードの測定温度が設定温度以下で該主ペルチェ素子の駆動電流が最大電流以下の場合には該補助ペルチェ素子に駆動電流を供給せず、該主ペルチェ素子には該測定温度に対応して設定されている駆動電流を供給するので、レーザ・ダイオードの温度制御モジュールの駆動電力を縮減しながらレーザ・ダイオードの温度制御をおこなうことができる。

【0036】しかも、上記判断を測定駆動電流及び測定温度の双方によって行なうので、該補助ペルチェ素子を駆動すべき時に駆動しないという危険性を避けることが可能になる。第五の発明は、第一の発明又は第二の発明のいずれかのレーザ・ダイオードの温度制御モジュールの駆動方式であって、検出した上記レーザ・ダイオードの温度に対応する電圧と基準電圧との差によって上記主ペルチェ素子の駆動電流を制御する自動温度制御回路と、少なくとも、該レーザ・ダイオードの温度が規定温度を超えていることを検出した時に上記補助ペルチェ素子に規定の駆動電流を供給するための制御信号を出力す

る検知回路とを備えるレーザ・ダイオードの温度制御モジュールの駆動方式である。

【0037】第五の発明によれば、検出したレーザ・ダイオードの温度に対応する電圧と基準電圧との差によって主ペルチェ素子の駆動電流を制御する自動温度制御回路と、少なくとも、検出したレーザ・ダイオードの温度が規定温度を超えていることを検出した時に補助ペルチェ素子に規定の駆動電流を供給するための制御信号を出力する検知回路を備えているので、少なくともレーザ・ダイオードの測定温度が設定温度を超える場合に上記補助ペルチェ素子に規定の駆動電流を供給し、主ペルチェ素子には該測定温度に対応して設定されている駆動電流を供給するので、レーザ・ダイオードの温度制御モジュールの温度制御能力が高まり、レーザ・ダイオードの温度を正確に制御することができる。

【0038】一方、少なくとも該レーザ・ダイオードの温度が設定温度以内の場合には該補助ペルチェ素子に駆動電流を供給せず、該主ペルチェ素子には該測定温度に対応して設定されている駆動電流を供給するので、レーザ・ダイオードの温度制御モジュールの駆動電力を削減しながらレーザ・ダイオードの温度制御をおこなうことができる。

【0039】

【発明の実施の形態】以降、図面を用いて本発明の技術の詳細に説明する。図1は、本発明の温度制御モジュールの第一の実施の形態で、レーザ・ダイオードの出力光の光軸を含む平面で切った断面図、図2は本発明の温度制御モジュールの第一の実施の形態で、温度制御モジュールの斜視図である。

【0040】図1及び図2において、1はペルチェ素子で、熱伝導絶縁板1-6、熱伝導絶縁板1-7及び熱電半導体部1-8によって構成される。尚、ペルチェ素子1を主ペルチェ素子と呼ぶことにする。ここで、熱伝導絶縁板1-6及び熱伝導絶縁板1-7は、表面に金属層を形成し、該金属層の上にレーザ・ダイオード、サーミスタなどをボンディングするので、通常セラミックが使用される。

【0041】尚、熱電半導体部1-8は、図14におけるP型熱電半導体1-1、N型熱電半導体1-2、金属電極1-3、金属電極1-4及び金属電極1-5によって構成されるものである。2はペルチェ素子1の一方の熱伝導絶縁板1-7に接して、ペルチェ素子1が発熱する熱量を外部に伝導し、ペルチェ素子1が吸熱する熱量を外部から伝導する放熱板である。尚、放熱板2は通常金属板とするが、セラミックとすることを阻むものではない。そして、放熱板2は図1又は図2の温度制御モジュールを実装する金属ケースの底に固着されるのが通常である。この場合、放熱板2と該金属ケースの底の接触をよくするために、熱伝導性が良好なシリコーンの層を介して放熱板2と該金属ケースの底を接触させた上で、

ネジなどによって固着することが好ましい。

【0042】3はペルチェ素子の一方の熱伝導絶縁板1-6に接着されたコパール板、4はコパール板3にボンディングされたレーザ・ダイオード、5はコパール板3にボンディングされてレーザ・ダイオード4の温度情報を出力するサーミスタである。尚、通常はレーザ・ダイオード3のバック光を電気変換した信号を自動パワー制御回路に供給するフォト・ダイオードや、レーザ・ダイオード4の出力光を光ファイバに結合するための、レンズ・ホルダに固着されたレンズもコパール板3上に接着されるが、本発明の本質ではないことと図面の煩雑化を避けたいためによって図示を省略している。又、ペルチェ素子に駆動電流を供給する配線なども図面の煩雑化を避けたいためによって図示を省略している。

【0043】ここで、ペルチェ素子1を構成する熱伝導絶縁板1-6にコパール板3を接着して、コパール板3の上にレーザ・ダイオード4及びサーミスタ5をボンディングするのは、コパール板3の熱膨張係数が小さいことを利用して、温度変動による熱伝導絶縁板1-6の膨張又は収縮によってレーザ・ダイオード4及びサーミスタ5に応力がかからないようにするためと、レーザ・ダイオード4と図示していない他の光学素子との相対位置の変化を防止するためである。

【0044】又、図1ではレーザ・ダイオード4がコパール板3上に直接ボンディングされているように図示しているが、レーザ・ダイオード4の出力光の光軸と外部の光ファイバの光軸を合わせるためにコパール板3に台を接着した上にレーザ・ダイオード4をボンディングすることもある。6は熱伝導筒で、レーザ・ダイオード4の出力光の光軸に当たる所に穴6-1を備えている。熱伝導筒6については後で詳細に説明する。

【0045】1aはペルチェ素子で、ペルチェ素子1と同様に熱伝導絶縁板1-6a、熱伝導絶縁板1-7a及び熱電半導体部1-8aによって構成される。尚、ペルチェ素子1aを補助ペルチェ素子と呼ぶことにする。2aはペルチェ素子1aの一方の熱伝導絶縁板1-7aに接して、ペルチェ素子1aが発熱する熱量を外部に伝導し、ペルチェ素子1aが吸熱する熱量を外部から伝導する放熱板である。尚、放熱板2aは通常金属板とするが、セラミックとすることを阻むものではない。又放熱板2aは図1又は図2の温度制御モジュールを実装する金属ケースの天板を装着した時に、該天板に熱的に接触することが好ましい。ただ、金属製又はセラミック製の放熱板2aと金属製の該天板を広面積で面接触させることは難しいので、放熱板2aの上面にはシリコーンなど比較的熱伝導性が良好で、圧力で変形しやすい物質の層を形成しておくのが好ましい。

【0046】尚、図1又は図2においては、図の簡略化のためにペルチェ素子に駆動電流を供給するための配線なども図示を省略している。図3は、熱伝導筒の構造例

である。図 3 において、6 が熱伝導筒であり、レーザ・ダイオードの出力光の光軸に当たる所に穴 6-1 を備えている。

【0047】熱伝導筒 6 は、本発明の温度制御モジュールの温度制御能力を高めるために、図 1 又は図 2 の、レーザ・ダイオードが熱的に接触している主ペルチェ素子の熱伝導絶縁板 1-6 と、補助ペルチェ素子の、該熱伝導筒 6 が熱的に接触している熱伝導絶縁板 1-6 a を熱的に接続する物であるから、当然熱伝導率が高いことが必要である。

【0048】従って、熱伝導筒 6 を形成する物質は金属又はセラミックが好ましい。金属の場合には、切削によって図 3 の形状に加工することができる。又、セラミックの場合には、セラミックのグリーン・シートの所定の位置に穴をあけてから図 3 の如き筒状にして焼結しても、穴をあけて焼結したセラミック板 1 枚と穴なしの焼結したセラミック板 3 枚を接着してもよい。

【0049】又、図 3 では矩形断面の筒の例を示しているが、断面形状を特に限定するものではない。ただ、熱伝導筒 6 自体の加工のしやすさと、ペルチェ素子の熱伝導絶縁板の形状が通常矩形である上に該熱伝導絶縁板上にレーザ・ダイオードなどを実装することを考慮すると該熱伝導絶縁板の有効面積を減少させたくないことから、矩形断面が好ましい。

【0050】更に、セラミックのグリーン・シートを図 3 の形状に加工する場合には、加熱による歪みも含めて熱伝導筒 6 の形状を正確に形成することが若干困難であるので、焼結後に熱伝導筒 6 の上面及び下面を通常の方法によって研磨して上面と下面の平面度を改善すると共に両面を平行にすることが好ましい。次に、図 1 又は図 2 の温度制御モジュールの組み立て手順について説明する。

【0051】1. 主ペルチェ素子の熱伝導絶縁板 1-6 にコパール板 3 を通常の方法によって接着する。

2. コパール板 3 の上にレーザ・ダイオード 4、サーミスタ 5 などを通常の方法によってボンディングする。

3. 熱伝導筒 6 と補助ペルチェ素子の熱伝導絶縁板 1-6 a とを固着する。熱伝導筒 6 がセラミック製の時には接着剤を使用して接着すればよく、金属製の時には熱伝導絶縁板 1-6 a 上には金属層が形成されているので銀ろう付けすればよい。

【0052】4. 熱伝導筒 6 と補助ペルチェ素子を固着した物を主ペルチェ素子の熱伝導絶縁板 1-6 と固着する。固着方法は上記と同じである。

5. 主ペルチェ素子、熱伝導筒 6 及び補助ペルチェ素子が一体化された物と、放熱板 2 及び放熱板 2 a に通常の方法によって固着する。

そして、上記の如く組み立てた温度制御モジュールを金属ケースの底に固着して使用する。

【0053】さて、主ペルチェ素子と補助ペルチェ素子

の熱伝導絶縁板の熱的な性質は次のようにする。もし、主ペルチェ素子の熱伝導絶縁板 1-6 が低温側である場合には、熱伝導筒 6 を介して熱伝導絶縁板 1-6 に熱的に接続される補助ペルチェ素子の熱伝導絶縁板 1-6 a も低温側であるようにする。熱伝導絶縁板 1-6 が低温側である時はレーザ・ダイオード 4 を冷却する時であるが、熱伝導絶縁板 1-6 a も低温側であるから図 1 又は図 2 の温度制御モジュールによって温度制御能力が増して、レーザ・ダイオード 4 を早く冷却することができる。と共にレーザ・ダイオード 4 の温度制御を正確に行なうことができる。

【0054】逆に、レーザ・ダイオード 4 の温度を上昇させる必要がある時には、主ペルチェ素子の駆動回路の制御によって熱伝導絶縁板 1-6 が高温側になるが、補助ペルチェ素子の熱伝導絶縁板 1-6 a も駆動回路の制御によって高温側になるので図 1 又は図 2 の温度制御モジュールによって温度制御能力が増して、レーザ・ダイオード 4 を早く温めることができると共にレーザ・ダイオード 4 の温度制御を正確に行なうことができる。

【0055】即ち、レーザ・ダイオード 4 が熱的に接触している主ペルチェ素子の熱伝導絶縁板 1-6 と、補助ペルチェ素子の熱伝導絶縁板 1-6 a とを熱伝導性が良好な熱伝導筒 6 によって熱的に接続し、レーザ・ダイオード 4 が熱的に接触している主ペルチェ素子の熱伝導絶縁板 1-6 a と熱伝導筒 6 に熱的に接触している補助ペルチェ素子の熱伝導絶縁板 1-6 a とを熱的に同じ性質にすることが図 1 の構成の技術の根本である。

【0056】そして、上記構成によれば、レーザ・ダイオードが熱的に接触している主ペルチェ素子の熱伝導絶縁板と、該補助ペルチェ素子の一方の熱伝導絶縁板とが熱伝導性が良好な熱伝導筒によって熱的に接続されるので、レーザ・ダイオードが熱的に接触している主ペルチェ素子の熱伝導絶縁板と、該熱伝導筒に接触している該補助ペルチェ素子の熱伝導絶縁板との温度差は小さくなる。

【0057】しかも、レーザ・ダイオードが熱的に接触している該主ペルチェ素子の熱伝導絶縁板と、該熱伝導筒に熱的に接触している該補助ペルチェ素子の熱伝導絶縁板とを熱的に同じ性質にするので、該レーザ・ダイオードが熱的に接触している該主ペルチェ素子の熱伝導絶縁板が低温側である場合には該熱伝導筒に熱的に接触している該補助ペルチェ素子の熱伝導絶縁板も低温側になり、該レーザ・ダイオードが熱的に接触している該主ペルチェ素子の熱伝導絶縁板が高温側である場合には該熱伝導筒に熱的に接触している該補助ペルチェ素子の熱伝導絶縁板も高温側になる。

【0058】従って、レーザ・ダイオードを冷却する必要がある時には冷却能力が高くなり、レーザ・ダイオードの温度を上昇させる必要がある時には温度上昇能力が高くなって、レーザ・ダイオードの温度制御を正確に行

なうことが可能になる。図4は、本発明の温度制御モジュールの第二の実施の形態で、レーザ・ダイオードの出力光の光軸を含む平面で切った断面図である。

【0059】図4において、1はペルチェ素子で、熱伝導絶縁板1-6、熱伝導絶縁板1-7及び熱電半導体部1-8によって構成される。尚、ペルチェ素子1を主ペルチェ素子と呼ぶことにする。ここで、熱伝導絶縁板1-6及び熱伝導絶縁板1-7は、表面に金属層を形成し、該金属層の上にレーザ・ダイオード、サーミスタなどをボンディングするので、通常セラミックが使用される。

【0060】尚、熱電半導体部1-8は、図14におけるP型熱電半導体1-1、N型熱電半導体1-2、金属電極1-3、金属電極1-4及び金属電極1-5によって構成されるものである。2はペルチェ素子1の一方の熱伝導絶縁板1-7に接して、ペルチェ素子1が発熱する熱量を外部に伝導し、ペルチェ素子1が吸熱する熱量を外部から伝導する放熱板である。尚、放熱板2は通常金属板とするが、セラミックとすることを阻むものではない。そして、放熱板2は図1又は図2の温度制御モジュールを実装する金属ケースの底に固着されるのが通常である。この場合、放熱板2と該金属ケースの底の接触をよくするために、熱伝導性が良好なシリコンの層を介して放熱板2と該金属ケースの底を接触させた上で、ネジなどによって固着することが好ましい。

【0061】3はペルチェ素子1の一方の熱伝導絶縁板1-6に接着されたコパール板、4はコパール板3にボンディングされたレーザ・ダイオード、5はコパール板3にボンディングされてレーザ・ダイオード4の温度情報を出力するサーミスタである。尚、通常はレーザ・ダイオード4のバック光を電気変換した信号を自動パワー制御回路に供給するフォト・ダイオードや、レーザ・ダイオード4の出力光を光ファイバに結合するための、レンズ・ホルダに固着されたレンズもコパール板3上に接着されるが、本発明の本質ではないことと図面の煩雑化を避けたことにより図示を省略している。又、ペルチェ素子に駆動電流を供給する配線なども図面の煩雑化を避けたために図示を省略している。

【0062】ここで、ペルチェ素子1を構成する熱伝導絶縁板1-6にコパール板3を接着して、コパール板3の上にレーザ・ダイオード4及びサーミスタ5をボンディングするのは、コパール板3の熱膨張係数が小さいことを利用して、温度変動による熱伝導絶縁板1-6の膨張又は収縮によってレーザ・ダイオード4及びサーミスタ5に応力がかからないようにするためと、レーザ・ダイオード4と図示していない光学素子の相対位置の変化を防止するためである。

【0063】又、図4ではレーザ・ダイオード4がコパール板3上に直接ボンディングされているように図示しているが、レーザ・ダイオード4の出力光の光軸と外部

の光ファイバの光軸を合わせるためにコパール板3に台を接着した上にレーザ・ダイオード4をボンディングすることもある。6は熱伝導筒で、レーザ・ダイオード4の出力光の光軸に当たる所に穴6-1を備えている。熱伝導筒6については既に詳細に説明してある。

【0064】1aはペルチェ素子で、ペルチェ素子1と同様に熱伝導絶縁板1-6a、熱伝導絶縁板1-7a及び熱電半導体部1-8aによって構成される。又、1bはペルチェ素子で、ペルチェ素子1と同様に熱伝導絶縁板1-6b、熱伝導絶縁板1-7b及び熱電半導体部1-8bによって構成される。尚、ペルチェ素子1aとペルチェ素子1bを積層した物を補助ペルチェ素子と呼ぶことにする。

【0065】2aはペルチェ素子1bの一方の熱伝導絶縁板1-7bに接して、ペルチェ素子1bが発熱する熱量を外部に伝導し、ペルチェ素子1bが吸熱する熱量を外部から伝導する放熱板である。尚、放熱板2aは通常金属板とするが、セラミックとすることを阻むものではない。又、放熱板2aは図4の温度制御モジュールを実装する金属ケースの天板を装着した時に、該天板に熱的に接触できることが好ましい。ただ、金属製又はセラミック製の放熱板2bと該金属製の該天板を広面積で面接触させることは難しいので、放熱板2bの上面にはシリコンなど比較的熱伝導性が良好で、圧力で変形しやすい物質の層を形成しておくのが好ましい。

【0066】尚、図4においても、図の簡略化のために各々のペルチェ素子に駆動電流を供給するための配線なども図示を省略している。図4の温度制御モジュールの組み立て手順は、ペルチェ素子1aとペルチェ素子1bが積層されることが図1又は図2の温度制御モジュールと異なるだけであるので、記載を省略する。

【0067】さて、主ペルチェ素子と補助ペルチェ素子の各熱伝導絶縁板の熱的な性質は下記のようにする。まず、主ペルチェ素子であるペルチェ素子1の熱伝導絶縁板1-6と補助ペルチェ素子を構成するペルチェ素子1aの熱伝導絶縁板1-6aの熱的な性質を同じにする必要があることは図1又は図2の温度制御モジュールと同様である。従って、ここで考慮すべきは補助ペルチェ素子を構成するペルチェ素子1aとペルチェ素子1bの熱伝導絶縁板の熱的な性質をどうすればよいかということに絞られる。

【0068】もし、ペルチェ素子1aの熱伝導絶縁板1-6aが低温側であれば、ペルチェ素子1aの熱伝導絶縁板1-7aは当然高温側で、ペルチェ素子1aが発熱する熱量を放熱しようとしている。従って、ペルチェ素子1bの熱伝導絶縁板1-6bを低温側に制御すれば、ペルチェ素子1aの熱伝導絶縁板1-7aを冷却することができる。そして、ペルチェ素子1bの熱伝導絶縁板1-7bが放熱板2aに熱的に接触しているので、ペルチェ素子1bが発熱する熱量を放熱板2aに伝導するこ

とができる。

【0069】即ち、複数のペルチェ素子を積層した補助ペルチェ素子において、積層されるペルチェ素子が互いに接触する熱伝導絶縁板の熱的な性質を逆にする必要がある。そして、熱伝導筒6によって熱的に接続される補助ペルチェ素子と主ペルチェ素子の熱伝導絶縁板の熱的な性質は同じにすることが図4の構成の温度制御モジュールの根本である。

【0070】そして、上記構成によれば、図1の構成のレーザ・ダイオードの温度制御モジュールにおいて、複数のペルチェ素子を積層して上記補助ペルチェ素子を構成し、該熱伝導筒によって熱的に接続される上記主ペルチェ素子の熱伝導絶縁板と該補助ペルチェ素子の熱伝導絶縁板の熱的な性質を同じにするので、該補助ペルチェ素子は主ペルチェ素子と同じ方向の温度制御を行なう。

【0071】しかも、積層されるペルチェ素子が互いに接触する熱伝導絶縁板の熱的な性質を逆にするので、積層された複数のペルチェ素子の2つの熱伝導絶縁板の温度の高低は同じ方向になる。このため、積層された複数のペルチェ素子は互いに温度制御能力を高め合うので該補助ペルチェ素子の温度制御能力が高まる結果、上記主ペルチェ素子、該熱伝導筒及び該補助ペルチェ素子によって構成されるレーザ・ダイオードの温度制御モジュール自体の温度制御能力が高まって、レーザ・ダイオードの温度制御を一層正確に行なうことが可能になる。

【0072】以上で、本発明のレーザ・ダイオードの温度制御モジュールの構造と温度制御能力に関する説明を終了して、以降は本発明のレーザ・ダイオードの温度制御モジュールの駆動方式について説明する。図5は、主ペルチェ素子及び補助ペルチェ素子の駆動回路（その1）で、レーザ・ダイオードの温度を参照して補助ペルチェ素子の作動を決定する方式に対応し、温度制御モジュールの制御をソフト的に行なうことを想定したものである。

【0073】図5において、7は主ペルチェ素子（図ではペルチェ素子をThermal Electric Controllerの頭文字による略語「TEC」で表わしている。以降も、図では同様に記載する。）、7aは補助ペルチェ素子で、主ペルチェ素子7及び補助ペルチェ素子7aは熱的に接続されている。尚、補助ペルチェ素子7aが単一のペルチェ素子で構成されるか、複数のペルチェ素子を積層したものかはここでは関係がない。

【0074】8は主ペルチェ素子7を駆動するドライバ（図では「TEC DRV」と記載している。以降も、図では同様に記載する。）、8aは補助ペルチェ素子7aを駆動するドライバ、5は主ペルチェ素子7と熱的に接触してレーザ・ダイオードの温度情報をアナログ量で出力するサーミスタ、10はサーミスタ5が出力するアナログ量の温度情報をデジタル量に変換するアナログ・デジタル変換器（図ではAnalog Digital Converter

の一部頭文字を使って「A/D」と略記している。以降も、図では同様に記載する。）、11は中央処理ユニット（図では「CPU」と略記している。これは、Central Processing Unitの頭文字による略語である。）、12は中央処理ユニット11のバス、13はテンポラリにプログラムやデータを格納するランダム・アクセス・メモリ（図ではRandom Access Memoryの頭文字による略語「RAM」を記載している。以降も、図では同様に記載する。）、14はプログラムや設定データを格納する読み出し専用メモリ（図では「ROM」と記載している。これは、Read Only Memoryの頭文字による略語である。以降も、図では同様に記載する。）、15は入出力インタフェース（図ではInput Output Interfaceの一部頭文字によって「I/O」と略記している。以降も、図では同様に記載する。）、9はドライバ8に駆動電流に対応する制御量を供給するデジタル・アナログ変換器

（図では「D/A」と略記している。これはDigital Analog Converterの一部頭文字による略語である。以降も、図では同様に記載する。）、9aはドライバ8aに駆動電流に対応する制御量を供給するデジタル・アナログ変換器である。

【0075】図5の構成において、サーミスタ5は主ペルチェ素子7と熱的に接触してレーザ・ダイオードの温度情報をアナログ量で出力する。サーミスタ5のアナログ出力をアナログ・デジタル変換器10がデジタル量に変換して入出力インタフェース15を介して中央処理ユニット11に供給する。中央処理ユニット11は該温度情報をランダム・アクセス・メモリ13に格納し、該温度情報を参照すると共に、温度に対応して主ペルチェ素子7及び補助ペルチェ素子7aに供給すべき電流を読み出し専用メモリ14から読み出して、入出力インタフェース15を介してデジタル・アナログ変換器9及びデジタル・アナログ変換器9aに供給する。そして、デジタル・アナログ変換器9の出力に対応してドライバ8が主ペルチェ素子7に駆動電流を供給し、デジタル・アナログ変換器9aの出力に対応してドライバ8aが補助ペルチェ素子7aに駆動電流を供給する。

【0076】図6は、主ペルチェ素子及び補助ペルチェ素子の駆動方式（その1）で、図5の構成に対応する駆動方式を示すものである。以降、図6の符号に沿って説明する。

M1. 予め、設計者又は光通信システムの運用者が、主ペルチェ素子に当初供給する初期電流、補助ペルチェ素子を作動させる規定温度及び補助ペルチェ素子を作動させる時に供給する一定電流を入力しておく。規定温度をTsとする。

【0077】M2. 又、設計者又は光通信システムの運用者が、レーザ・ダイオードの温度に対応する主ペルチェ素子に供給すべき電流値を入力しておく。以降が、図5の構成による処理動作である。

S1. 中央処理ユニットは主ペルチェ素子をオンにする。この時には、ステップM1で設定した初期電流を供給する。

【0078】これは、中央処理ユニットが初期電流を読み出し専用メモリから読み出して入出力インタフェースを介してデジタル・アナログ変換器に供給し、デジタル・アナログ変換器の出力に対応して主ペルチェ素子のドライバが主ペルチェ素子を駆動することで実行される。

S2. レーザ・ダイオードの温度を測定する。測定された温度を T_L とする。

【0079】これは、サーミスタ5が出力するレーザ・ダイオードの温度に対応する温度情報をアナログ・デジタル変換器がデジタル変換して中央処理ユニットに供給することで実行される。

S4. 測定温度 T_L が規定温度 T_s を超えているか否かを判定する。

S5. ステップS4で、測定温度 T_L が規定温度 T_s を超えていると判定した場合（Yes）には、補助ペルチェ素子をオンにする。

【0080】S6. 補助ペルチェ素子に一定電流を供給する。これは、ステップS1における主ペルチェ素子の駆動と類似の処理によって行なわれる。

S7. ステップS4で、測定温度 T_L が規定温度 T_s を超えていないと判定した場合（No）には、補助ペルチェ素子をオフにする。

【0081】実際には、温度制御モジュールの駆動回路が駆動された当初は補助ペルチェ素子はオフになっているので、オフ状態を継続すればよい。一方、一旦補助ペルチェ素子がオンにされた後で補助ペルチェ素子を停止してもよくなった時には、このステップで補助ペルチェ素子をオフにする。

S8. ステップS2で測定した温度 T_L に対応する電流を読み出し専用メモリから読み出して、

S9. 主ペルチェ素子の電流を更新する。

【0082】この後、定期的にステップS2のレーザ・ダイオードの温度測定を行ない、測定温度に対応してステップS4乃至ステップS9の処理を繰り返す。図7は、主ペルチェ素子と補助ペルチェ素子の駆動方式を説明する図（その1）で、図7（イ）はレーザ・ダイオードの温度変化、図7（ロ）は補助ペルチェ素子の駆動電流、図7（ハ）は主ペルチェ素子の駆動電流を示す。いずれも、横軸は時刻である。

【0083】図7（イ）において、レーザ・ダイオードの温度が時刻0で T_1 であり、補助ペルチェ素子を冷却モードで作動させるべき温度 T_2 を超えているものとする。そして、温度 T_1 においては、主ペルチェ素子は冷却モードの最大電流で作動するものとする。従って、図7（ロ）に示す如く補助ペルチェ素子には時刻0に一定電流 I_A が供給される。又、主ペルチェ素子は最大電流 I_1 で作動する。

【0084】主ペルチェ素子も補助ペルチェ素子も作動してレーザ・ダイオードを冷却するので、レーザ・ダイオードの温度は下降するが、ここでは時刻 t_1 まではレーザ・ダイオードの温度が T_1 を保ち、時刻 t_1 から実際にレーザ・ダイオードの温度が下降し、時刻 t_3 で一定温度 T_3 になるものとし、時刻 t_2 で規定温度 T_s を通過するものとする。

【0085】従って、図7（ハ）の如く、主ペルチェ素子は時刻 t_1 までは最大電流 I_1 で作動し、時刻 t_1 以降主ペルチェ素子の駆動電流は減少してゆく。一方、時刻 t_2 でレーザ・ダイオードの温度が規定温度 T_s を下回るので、図7（ロ）の如く、時刻 t_2 において補助ペルチェ素子はオフにされる。従って、時刻 t_2 以降は主ペルチェ素子だけでレーザ・ダイオードの冷却を行なう。尚、時刻 t_2 における主ペルチェ素子の駆動電流を I_2 とする。

【0086】そして、時刻 t_3 以降はレーザ・ダイオードの温度が一定になるので、主ペルチェ素子の駆動電流も一定の電流 I_3 を保つ。図8は、主ペルチェ素子と補助ペルチェ素子の駆動方式を説明する図（その2）で、主ペルチェ素子と補助ペルチェ素子の駆動電流とレーザ・ダイオードの温度との関係を図示したものである。従って、縦軸が電流、横軸が温度である。

【0087】実は、この図は図7（イ）、図7（ロ）及び図7（ハ）から作成することができるものである。即ち、温度 T_1 の時には主ペルチェ素子の電流は最大電流 I_1 であり、補助ペルチェ素子の電流は一定電流 I_A である。温度が規定温度 T_s に達すると補助ペルチェ素子はオフになるので電流が0になり、温度が T_s の時には主ペルチェ素子の電流は I_2 である。そして、温度が T_2 になった時に主ペルチェ素子の電流は I_3 である。従って、主ペルチェ素子の温度に対する電流は温度 T_1 以上では最大電流で一定であり、温度 T_1 未満では主ペルチェ素子の電流の変化は上記のポイントをつなげば得られる。そして、それを外挿すればやがてマイナスの電流になる。これは、レーザ・ダイオードの温度が低くなって反対に温める必要が生ずることを意味する。そして、温めるには主ペルチェ素子の電流の方向を逆転させればよい。この手段は公知であるので、ここでは詳述することを避ける。

【0088】つまり、上記処理によって、レーザ・ダイオードの測定温度が設定温度を超える場合に上記補助ペルチェ素子に規定の駆動電流を供給し、主ペルチェ素子には該測定温度に対応して設定されている駆動電流を供給するので、レーザ・ダイオードの温度制御モジュールの温度制御能力が高まり、レーザ・ダイオードの温度を正確に制御することができる。

【0089】一方、該レーザ・ダイオードの温度が設定温度以内の場合には該補助ペルチェ素子に駆動電流を供給せず、該主ペルチェ素子には該測定温度に対応して設

定されている駆動電流を供給するので、レーザ・ダイオードの温度制御モジュールの駆動電力を縮減しながらレーザ・ダイオードの温度制御を行なうことができる。図9は、主ペルチェ素子及び補助ペルチェ素子の駆動回路（その2）で、レーザ・ダイオードの温度以外に主ペルチェ素子の駆動電流も測定して、補助ペルチェ素子の作動を決定する方式に対応しており、温度制御モジュールの制御をソフト的に行なうことを想定したものである。

【0090】図9において、7は主ペルチェ素子、7aは補助ペルチェ素子で、主ペルチェ素子7および補助ペルチェ素子7aは熱的に接続されている。8は主ペルチェ素子7を駆動するドライバ、8aは補助ペルチェ素子7aを駆動するドライバ、5は主ペルチェ素子7と熱的に接触していてレーザ・ダイオードの温度情報をアナログ量で出力するサーミスタ、10はサーミスタ5が出力する温度情報のアナログ量をデジタル量に変換するアナログ・デジタル変換器、10aはドライバ8が出力する主ペルチェ素子の電流情報のアナログ量をデジタル量に変換するアナログ・デジタル変換器、12は中央処理ユニット11のバス、13はテンポラリーにプログラムやデータを格納するランダム・アクセス・メモリ、14はプログラムや設定データを格納する読み出し専用メモリ、15は入出力インタフェース、9はドライバ8に駆動電流に対応する制御量を供給するデジタル・アナログ変換器、9aはドライバ8aに駆動電流に対応する制御量を供給するデジタル・アナログ変換器である。

【0091】図9の構成においても、サーミスタ5は主ペルチェ素子7と熱的に接触していてレーザ・ダイオードの温度情報をアナログ量で出力する。サーミスタ5のアナログ出力をアナログ・デジタル変換器10がデジタル量に変換して入出力インタフェース15を介して中央処理ユニットに供給する。一方、ドライバ8は主ペルチェ素子の駆動電流情報をアナログ量で出力する。ドライバ8のアナログ出力をアナログ・デジタル変換器10aがデジタル量に変換して入出力インタフェース15を介して中央処理ユニットに供給する。中央処理ユニット11は該温度情報と該電流情報をランダム・アクセス・メモリ13に格納し、該温度情報及び該電流情報を参照すると共に、温度に対応して主ペルチェ素子7及び補助ペルチェ素子7aに供給すべき電流を読み出し専用メモリ14から読み出して、入出力インタフェース15を介してデジタル・アナログ変換器9及びデジタル・アナログ変換器9aに供給する。そして、デジタル・アナログ変換器9の出力に対応してドライバ8が主ペルチェ素子7に駆動電流を供給し、デジタル・アナログ変換器9aの出力に対応してドライバ8aが補助ペルチェ素子7aに駆動電流を供給する。

【0092】図10は、主ペルチェ素子及び補助ペルチェ素子の駆動方式（その2）で、図9の構成に対応するものである。以降、図9の符号に沿って説明する。尚、

実は図10の処理は図6の処理に類似したものであるが、図10において変わった部分だけ説明しても理解しにくいと思われるので、敢えて図6と同じように説明する。

【0093】M1. 予め、設計者又は光通信システムの運用者が、主ペルチェ素子に当初供給する初期電流、補助ペルチェ素子を作動させる規定温度及び補助ペルチェ素子を作動させる主ペルチェ素子の規定電流と補助ペルチェ素子を作動させる時に供給する一定電流を入力しておく。該規定温度を T_s 、該規定電流を I_s とする。

M2. 又、設計者又は光通信システムの運用者が、レーザ・ダイオードの温度に対応する主ペルチェ素子に供給すべき電流値を入力しておく。

【0094】以降が、図9の構成による処理動作である。

S1. 中央処理ユニットは主ペルチェ素子をオンにする。この時には、初期電流を供給する。これは、中央処理ユニットが初期電流を読み出し専用メモリから読み出して入出力インタフェースを介してデジタル・アナログ変換器に供給し、デジタル・アナログ変換器の出力に対応して主ペルチェ素子のドライバが主ペルチェ素子を駆動することで実行される。

【0095】S2. レーザ・ダイオードの温度を測定する。測定された温度を T_L とする。これは、サーミスタ5が出力するレーザ・ダイオードの温度に対応する温度情報をアナログ・デジタル変換器がデジタル変換して中央処理ユニットに供給することで実行される。

S3. 主ペルチェ素子の駆動電流を測定する。測定電流を I_T とする。

【0096】これは、ドライバ8が出力する主ペルチェ素子の電流に対応する電流情報をアナログ・デジタル変換器がデジタル変換して中央処理ユニットに供給することで実行される。

S4. 測定温度 T_L が規定温度 T_s を超えているか否か、測定電流 I_T が規定電流 I_s を超えている否かを判定し、少なくとも一方が真であるか否かを判定する。

【0097】S5. ステップS4で、測定温度 T_L が規定温度 T_s を超えている、又は、測定電流が規定電流を超えているのいずれかが真であると判定した場合（Yes）には、補助ペルチェ素子をオンにする。

S6. 補助ペルチェ素子に一定電流を供給する。これは、ステップS1における主ペルチェ素子の駆動と類似の処理によって行なわれる。

【0098】S7. ステップS4で、測定温度 T_L が規定温度 T_s を超えている、又は、測定電流が規定電流を超えているのいずれもが真でないと判定した場合（No）には、補助ペルチェ素子をオフにする。実際には、温度制御モジュールの駆動回路が駆動された当初は補助ペルチェ素子はオフになっているので、オフ状態を継続すればよい。一方、一旦補助ペルチェ素子がオンにされ

た後で補助ペルチェ素子を停止してもよくなった時には、このステップで補助ペルチェ素子をオフにする。

【0099】S8. ステップS2で測定した温度 T_L に対応する電流を読み出し専用メモリから読み出して、
S9. 主ペルチェ素子の電流を更新する。この後、定期的にステップS2のレーザ・ダイオードの温度測定を行ない、測定温度に対応してステップS4乃至ステップS9の処理を繰り返す。

【0100】上記処理によれば、レーザ・ダイオードの測定温度が設定温度を超える場合、又は、該主ペルチェ素子の駆動電流が最大電流を超える場合に上記補助ペルチェ素子に規定の駆動電流を供給し、該主ペルチェ素子には該測定温度に対応して設定されている駆動電流を供給するので、レーザ・ダイオードの温度制御モジュールの温度制御能力が高まり、レーザ・ダイオードの温度を正確に制御することができる。

【0101】一方、該レーザ・ダイオードの測定温度が設定温度以下で該主ペルチェ素子の駆動電流が最大電流以下の場合には該補助ペルチェ素子に駆動電流を供給せず、該主ペルチェ素子には該測定温度に対応して設定されている駆動電流を供給するので、レーザ・ダイオードの温度制御モジュールの駆動電力を削減しながらレーザ・ダイオードの温度制御を行なうことができる。

【0102】しかも、上記判断を測定駆動電流及び測定温度の双方によって行なうので、例えば測定温度の誤差によって該補助ペルチェ素子を駆動すべき時に駆動しないという危険性を避けることが可能になる。以上は、レーザ・ダイオードの温度制御モジュールをソフト的に駆動する駆動方式に関する説明であるが、レーザ・ダイオードの温度制御モジュールをハードで駆動する駆動方式も可能である。

【0103】図11は、主ペルチェ素子及び補助ペルチェ素子の駆動回路（その3）で、レーザ・ダイオードの出力パワーを一定に保つ自動パワー制御回路も併せて図示している。図11において、5はレーザ・ダイオードの温度を検出して電圧を出力するサーミスタ（図では「TH」と略記している）、16はレーザ・ダイオードの基準温度に対応する電圧の第一の基準電圧源、17はサーミスタ5が出力する電圧と基準電圧源16の電圧の差の電圧でレーザ・ダイオードの温度制御のための制御電圧を出力する自動温度制御回路、8は自動温度制御回路17が出力する制御電圧に応ずる駆動電流を主ペルチェ素子に供給するドライバ、7はドライバ8が供給する電流によって駆動されてレーザ・ダイオードの温度制御を行なう主ペルチェ素子、18はサーミスタ5が出力する電圧が規定の電圧を超える時に規定の論理レベルの信号を出力する検知回路、8aは検知回路18が規定の論理レベルの信号を出力することを特徴とする時に補助ペルチェ素子に規定の電流を供給するドライバ、7aはドライバ8aが供給する電流によって駆動されてレーザ・

ダイオードの温度制御を行なう補助ペルチェ素子で、以上の構成要素によってレーザ・ダイオードの温度制御モジュールの駆動回路を構成する。尚、主ペルチェ素子7及び補助ペルチェ素子7aは熱的に接続されている。

【0104】4は、温度を制御されるレーザ・ダイオードである。19はレーザ・ダイオード4のバック光を電気変換するフォト・ダイオード、20はレーザ・ダイオード4の出力の基準レベルに対応する電圧の第二の基準電圧源、21はフォト・ダイオード19の出力電圧と基準電圧源20の電圧の差の電圧でレーザ・ダイオードのパワー制御のための制御電圧を出力する自動パワー制御回路、22は自動パワー制御回路21が出力する制御電圧に応ずる駆動電流をレーザ・ダイオード4に供給するドライバで、以上の構成要素によって構成される負帰還ループによってレーザ・ダイオードの出力パワーの制御を行なう。

【0105】図11の構成では、電源投入当初は自動パワー制御回路を動作させず、自動温度制御回路17及び検知回路18を動作可能にしてレーザ・ダイオード4の温度を一定に保つようにする。これは、電源投入当初にレーザ・ダイオード4の温度が異常に高い場合、自動パワー制御によって所定の出力パワーに制御するとレーザ・ダイオード4に過大な駆動電流を供給して、レーザ・ダイオード4の破壊又は損傷に至らしめる恐れがあるのを避けるためである。

【0106】その後は、自動温度制御回路17と及び検知回路18がレーザ・ダイオード4の温度を制御し続ける中、自動パワー制御回路21がレーザ・ダイオード4の出力パワーを所定のパワーに制御し続ける。ここで、自動温度制御回路17と検知回路18が行なうレーザ・ダイオード4の温度制御は下記の通りである。即ち、サーミスタ5が検出したレーザ・ダイオードの温度に対応する電圧と基準電圧との差によって自動温度制御回路17が主ペルチェ素子の駆動電流を制御する。

【0107】一方、サーミスタ5が検出したレーザ・ダイオードの温度に対応する電圧が規定温度に対応する電圧を超えている時には検知回路18がドライバ8aを駆動してドライバ8aが規定の電流を補助ペルチェ素子7aに供給し、サーミスタ5が検出したレーザ・ダイオードの温度に対応する電圧が規定温度に対応する電圧を超えていない時には検知回路18はドライバ8aを駆動しない。

【0108】尚、この場合には検知回路18はサーミスタ5の出力電圧と基準電圧とを比較して、サーミスタ5の出力電圧が基準電圧を超える時に規定の論理レベルの信号を出力するコンパレータで構成すればよい。そして、自動パワー制御回路21が動作している時も動作を停止している時も上記動作が行なわれる。

【0109】この動作により、レーザ・ダイオードの測定温度が設定温度を超える場合に上記補助ペルチェ素子

に規定の駆動電流を供給し、主ペルチェ素子には該測定温度に対応して設定されている駆動電流を供給するので、レーザ・ダイオードの温度制御モジュールの温度制御能力が高まり、レーザ・ダイオードの温度を正確に制御することができる。

【0110】一方、該レーザ・ダイオードの温度が設定温度以内の場合には該補助ペルチェ素子に駆動電流を供給せず、該主ペルチェ素子には該測定温度に対応して設定されている駆動電流を供給するので、レーザ・ダイオードの温度制御モジュールの駆動電力を削減しながらレーザ・ダイオードの温度制御を行なうことができる。さて、図11の構成はサーミスタ5が検出するレーザ・ダイオードの温度情報だけで検知回路18を動作させる例であるが、主ペルチェ素子7のドライバ8の駆動電流も検出して、ドライバ8の駆動電流が規定電流を超えているか否かも含めて補助ペルチェ素子を駆動させることも有効である。

【0111】この場合には、図11の構成にドライバ8の駆動電流を検出してデジタル値に変換するアナログ・デジタル変換器を設け、検知回路18は、サーミスタ5の出力電圧と基準電圧とを比較して、サーミスタ5の出力電圧が基準電圧を超える時に規定の論理レベルの信号を出力する第一のコンパレータと、アナログ・デジタル変換器の出力電圧が基準電圧を超える時に規定の論理レベルの信号を出力する第二のコンパレータと、該第一のコンパレータの出力と該第二のコンパレータの出力の論理和演算をする論理和回路とで構成すればよい。

【0112】これにより、レーザ・ダイオードの温度が規定温度を超える場合、又は、該主ペルチェ素子の駆動電流が最大電流を超える場合に上記補助ペルチェ素子に規定の駆動電流を供給し、該主ペルチェ素子には該測定温度に対応する駆動電流を供給するので、レーザ・ダイオードの温度制御モジュールの温度制御能力が高まり、レーザ・ダイオードの温度を正確に制御することができる。

【0113】一方、該レーザ・ダイオードの温度が規定温度以下で該主ペルチェ素子の駆動電流が最大電流以下の場合には該補助ペルチェ素子に駆動電流を供給せず、該主ペルチェ素子にはレーザ・ダイオード4の温度に対応する駆動電流を供給するので、レーザ・ダイオードの温度制御モジュールの駆動電力を削減しながらレーザ・ダイオードの温度制御をおこなうことができる。

【0114】しかも、上記判断を主ペルチェ素子の駆動電流及びレーザ・ダイオードの温度の双方によって行なうので、該補助ペルチェ素子を駆動すべき時に駆動しないという危険性を避けることが可能になる。

【0115】

【発明の効果】以上詳述した如く、本発明により、温度制御能力が高いレーザ・ダイオードの温度制御モジュール及び温度制御能力を高くした温度制御モジュールに適

した駆動方式を実現することができる。即ち、第一の発明によれば、レーザ・ダイオードが熱的に接触している主ペルチェ素子の熱伝導絶縁板と、該補助ペルチェ素子の一方の熱伝導絶縁板とが熱伝導性が良好な熱伝導筒によって熱的に接続されるので、レーザ・ダイオードが熱的に接触している主ペルチェ素子の熱伝導絶縁板と、該熱伝導筒に接触している該補助ペルチェ素子の熱伝導絶縁板との温度差は小さくなる。

【0116】しかも、レーザ・ダイオードが熱的に接触している該主ペルチェ素子の熱伝導絶縁板と、該熱伝導筒に熱的に接触している該補助ペルチェ素子の熱伝導絶縁板とを熱的に同じ性質にするので、該レーザ・ダイオードが熱的に接触している該主ペルチェ素子の熱伝導絶縁板が低温側である場合には該熱伝導筒に熱的に接触している該補助ペルチェ素子の熱伝導絶縁板も低温側になり、該レーザ・ダイオードが熱的に接触している該主ペルチェ素子の熱伝導絶縁板が高温側である場合には該熱伝導筒に熱的に接触している該補助ペルチェ素子の熱伝導絶縁板も高温側になる。

【0117】従って、レーザ・ダイオードを冷却する必要がある時には冷却能力が高くなり、レーザ・ダイオードの温度を上昇させる必要がある時には温度上昇能力が高くなって、レーザ・ダイオードの温度制御を正確に行なうことが可能になる。又、第二の発明によれば、第一の発明のレーザ・ダイオードの温度制御モジュールにおいて、複数のペルチェ素子を積層して上記補助ペルチェ素子を構成し、該熱伝導筒によって熱的に接続される上記主ペルチェ素子の熱伝導絶縁板と該補助ペルチェ素子の熱伝導絶縁板の熱的な性質を同じにするので、該補助ペルチェ素子は主ペルチェ素子と同じ方向の温度制御を行なう。

【0118】しかも、積層されるペルチェ素子が互いに接触する熱伝導絶縁板の熱的な性質を逆にするので、積層された複数のペルチェ素子の2つの熱伝導絶縁板の温度の高低は同じ方向になる。このため、積層された複数のペルチェ素子は互いに温度制御能力を高め合うので該補助ペルチェ素子の温度制御能力が高まる結果、上記主ペルチェ素子、該熱伝導筒及び該補助ペルチェ素子によって構成されるレーザ・ダイオードの温度制御モジュール自体の温度制御能力が高まって、レーザ・ダイオードの温度制御を一層正確に行なうことが可能になる。

【0119】又、第三の発明によれば、レーザ・ダイオードの測定温度が設定温度を超える場合に上記補助ペルチェ素子に規定の駆動電流を供給し、主ペルチェ素子には該測定温度に対応して設定されている駆動電流を供給するので、レーザ・ダイオードの温度制御モジュールの温度制御能力が高まり、レーザ・ダイオードの温度を正確に制御することができる。

【0120】一方、該レーザ・ダイオードの温度が設定温度以内の場合には該補助ペルチェ素子に駆動電流を供

給せず、該主ペルチェ素子には該測定温度に対応して設定されている駆動電流を供給するので、レーザ・ダイオードの温度制御モジュールの駆動電力を縮減しながらレーザ・ダイオードの温度制御をおこなうことができる。

【0121】又、第四の発明によれば、レーザ・ダイオードの測定温度が設定温度を超える場合、又は、該主ペルチェ素子の駆動電流が最大電流を超える場合に上記補助ペルチェ素子に規定の駆動電流を供給し、該主ペルチェ素子には該測定温度に対応して設定されている駆動電流を供給するので、レーザ・ダイオードの温度制御モジュールの温度制御能力が高まり、レーザ・ダイオードの温度を正確に制御することができる。

【0122】一方、該レーザ・ダイオードの測定温度が設定温度以下で該主ペルチェ素子の駆動電流が最大電流以下の場合には該補助ペルチェ素子に駆動電流を供給せず、該主ペルチェ素子には該測定温度に対応して設定されている駆動電流を供給するので、レーザ・ダイオードの温度制御モジュールの駆動電力を縮減しながらレーザ・ダイオードの温度制御をおこなうことができる。

【0123】しかも、上記判断を測定駆動電流及び測定温度の双方によって行なうので、該補助ペルチェ素子を駆動すべき時に駆動しないという危険性を避けることが可能になる。更に、第五の発明によれば、検出したレーザ・ダイオードの温度に対応する電圧と基準電圧との差によって主ペルチェ素子の駆動電流を制御する自動温度制御回路と、少なくとも、検出したレーザ・ダイオードの温度が規定温度を超えていることを検出した時に補助ペルチェ素子に規定の駆動電流を供給するための制御信号を出力する検知回路を備えているので、少なくともレーザ・ダイオードの温度が規定温度を超える場合に上記補助ペルチェ素子に規定の駆動電流を供給し、主ペルチェ素子にはレーザ・ダイオードの温度に対応する駆動電流を供給するので、レーザ・ダイオードの温度制御モジュールの温度制御能力が高まり、レーザ・ダイオードの温度を正確に制御することができる。

【0124】一方、少なくとも該レーザ・ダイオードの温度が規定温度以内の場合には該補助ペルチェ素子に駆動電流を供給せず、該主ペルチェ素子にはレーザ・ダイオードの温度に対応する駆動電流を供給するので、レーザ・ダイオードの温度制御モジュールの駆動電力を縮減しながらレーザ・ダイオードの温度制御を行なうことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の温度制御モジュールの第一の実施の形態（断面図）。

【図2】 本発明の温度制御モジュールの第一の実施の形態（斜視図）。

【図3】 熱伝導筒の構造例。

【図4】 本発明の温度制御モジュールの第二の実施の形態（断面図）。

【図5】 主ペルチェ素子及び補助ペルチェ素子の駆動回路（その1）。

【図6】 主ペルチェ素子及び補助ペルチェ素子の駆動方式（その1）。

【図7】 主ペルチェ素子と補助ペルチェ素子の駆動方式を説明する図（その1）。

【図8】 主ペルチェ素子と補助ペルチェ素子の駆動方式を説明する図（その2）。

【図9】 主ペルチェ素子及び補助ペルチェ素子の駆動回路（その2）。

【図10】 主ペルチェ素子及び補助ペルチェ素子の駆動方式（その2）。

【図11】 主ペルチェ素子及び補助ペルチェ素子の駆動回路（その3）。

【図12】 従来の基本的な温度制御モジュール。

【図13】 ペルチェ素子による冷却の限界を示す図。

【図14】 ペルチェ素子による冷却・加熱の原理。

【符号の説明】

1 ペルチェ素子

1-1 P型熱電半導体

1-2 N型熱電半導体

1-3、1-4、1-5 金属電極

1-6、1-7 熱伝導絶縁板

1-8 熱電半導体部

1a ペルチェ素子

1-1a P型熱電半導体

1-2a N型熱電半導体

1-3a、1-4a、1-5a 金属電極

1-6a、1-7a 熱伝導絶縁板

1-8a 熱電半導体部

1b ペルチェ素子

1-1b P型熱電半導体

1-2b N型熱電半導体

1-3b、1-4b、1-5b 金属電極

1-6b、1-7b 熱伝導絶縁板

1-8b 熱電半導体部

2、2a 放熱板

3 コパール板

4 レーザ・ダイオード

5 サーミスタ

6 熱伝導筒

6-1 穴

7 主ペルチェ素子

7a 補助ペルチェ素子

8、8a ドライバ

9、9a デジタル・アナログ変換器

10、10a アナログ・デジタル変換器

11 中央処理ユニット

12 バス

13 ランダム・アクセス・メモリ

- 14 読み出し専用メモリ
- 15 入出力インタフェース
- 16 第一の基準電圧源
- 17 自動温度制御回路
- 18 検知回路

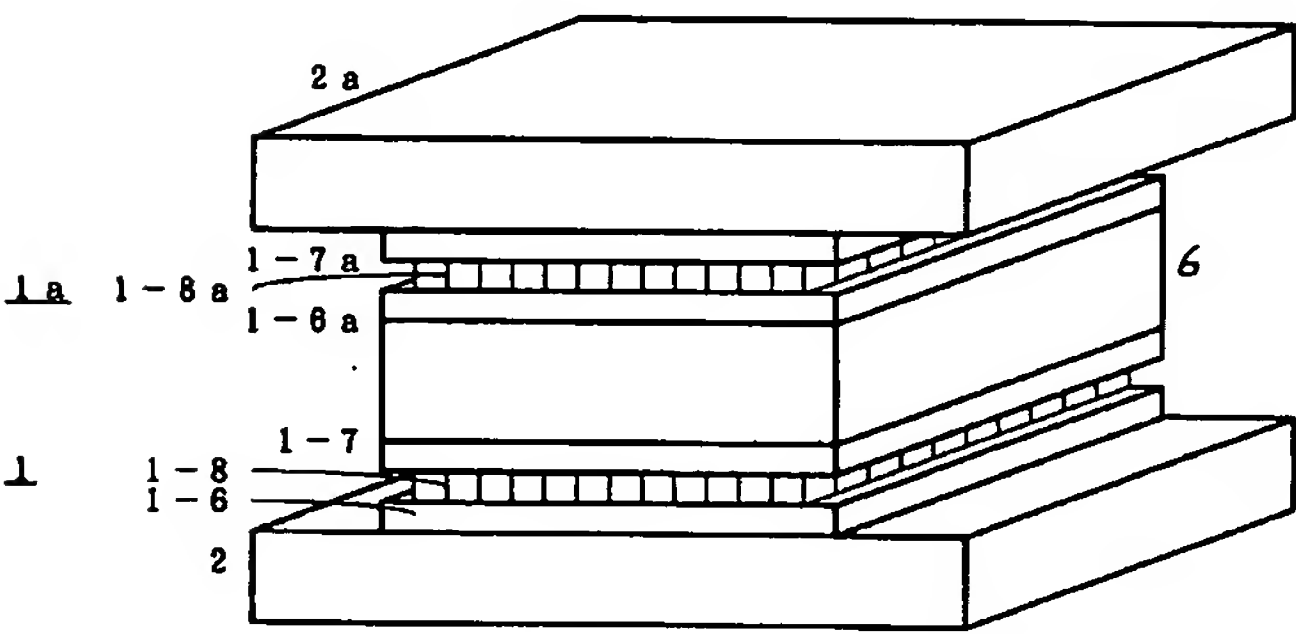
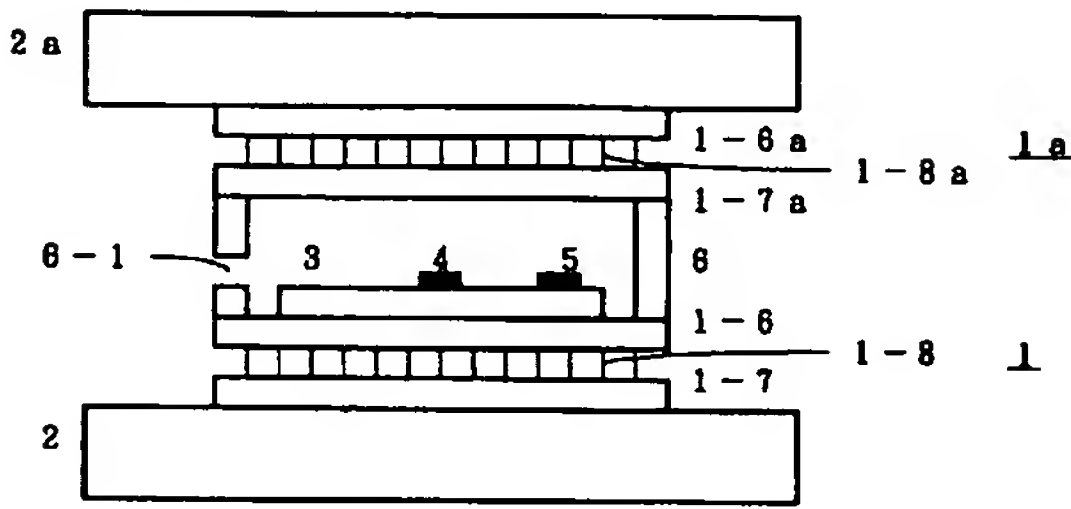
- 19 フォト・ダイオード
- 20 第二の基準電圧源
- 21 自動パワー制御回路
- 22 ドライバ
- 23 電池

【図1】

【図2】

本発明の温度制御モジュールの第一の実施の形態（断面図）

本発明の温度制御モジュールの第一の実施の形態（斜視図）

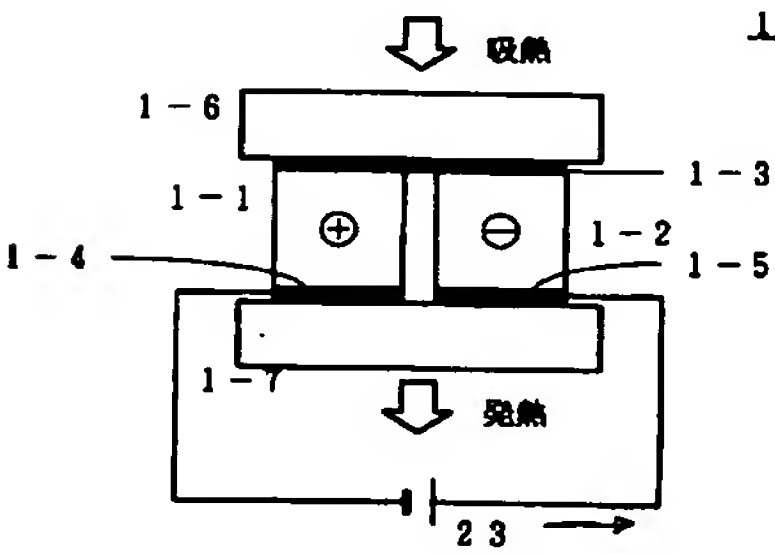
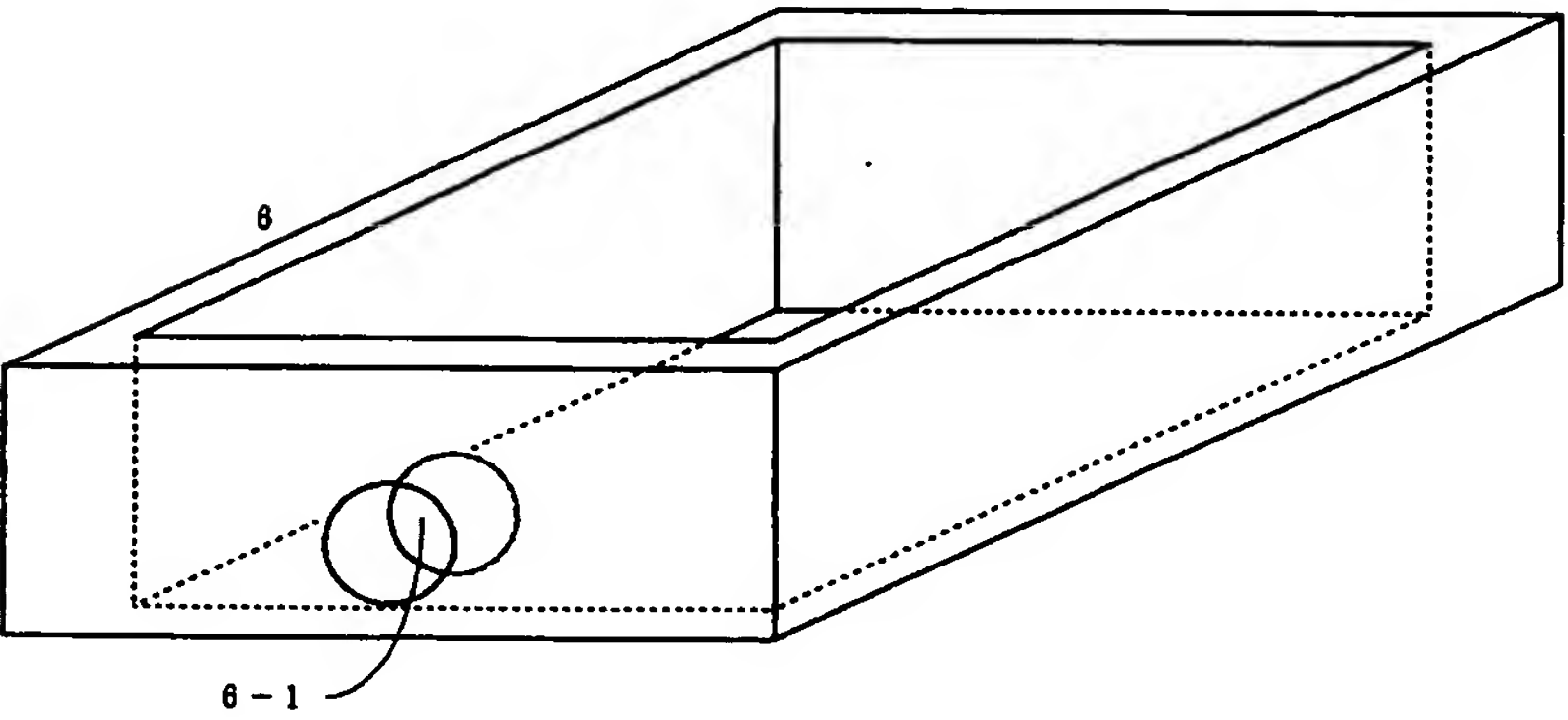


【図3】

【図14】

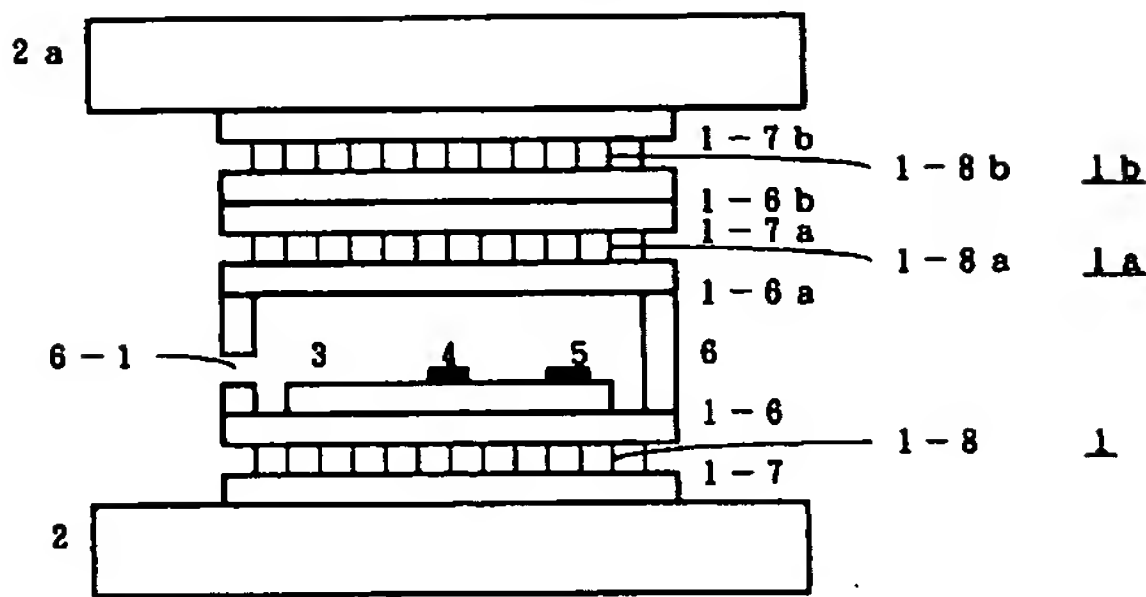
熱伝導筒の構造例

ペルチェ素子による冷却・加熱の原理



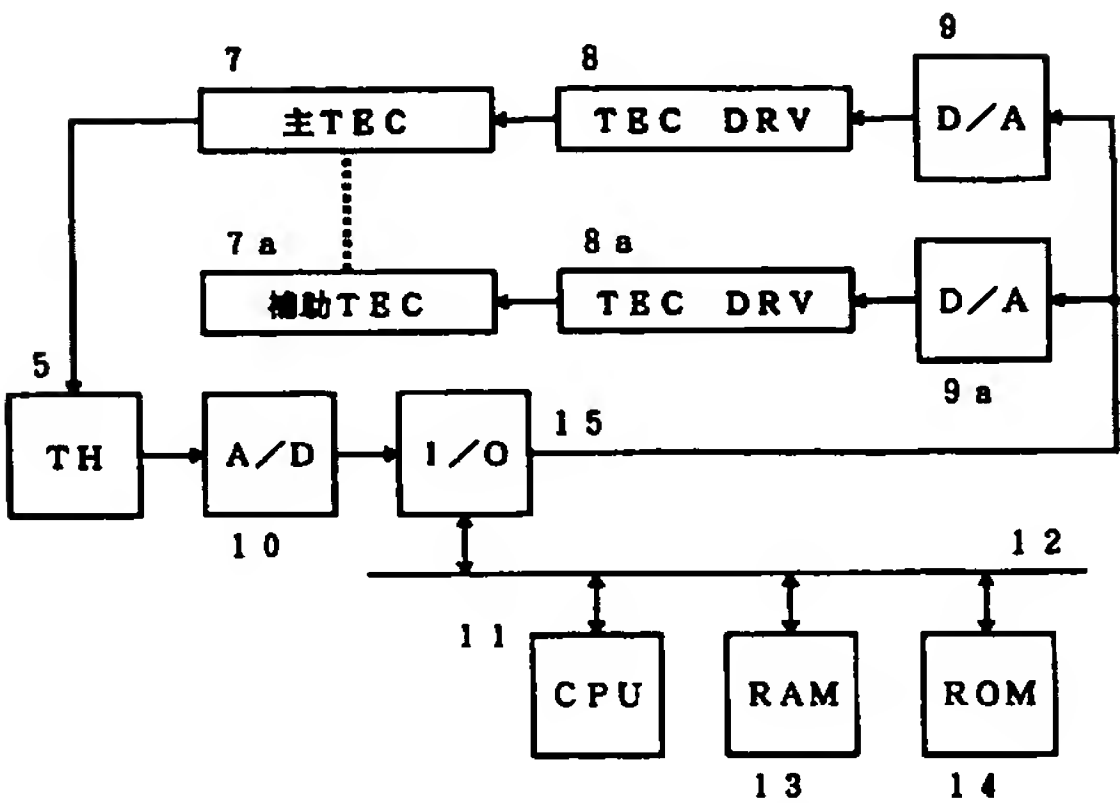
【図 4】

本発明の温度制御モジュールの第二の実施の形態（断面図）



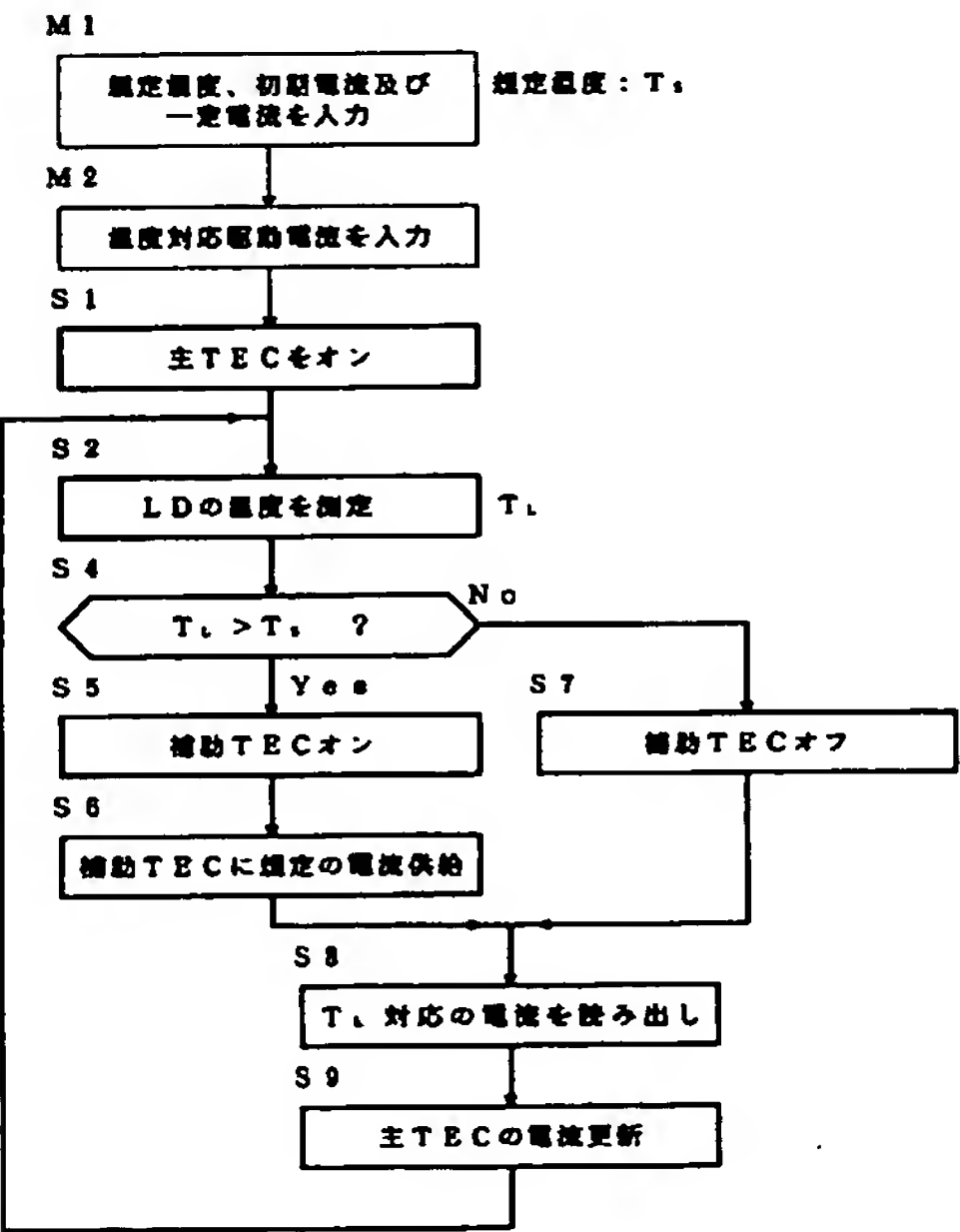
【図 5】

主ペルチェ素子及び補助ペルチェ素子の駆動回路（その 1）



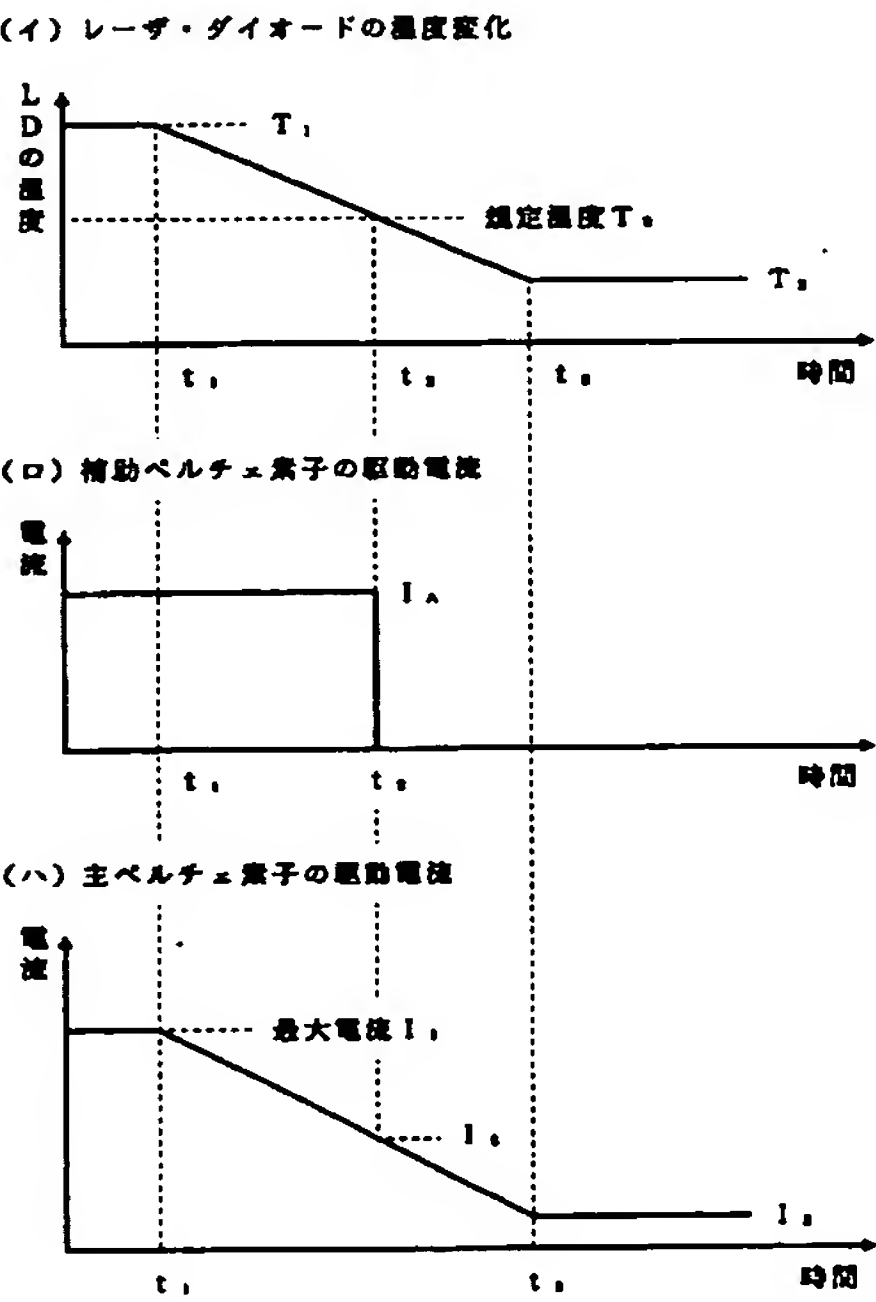
【図 6】

主ペルチェ素子及び補助ペルチェ素子の駆動方式（その 1）



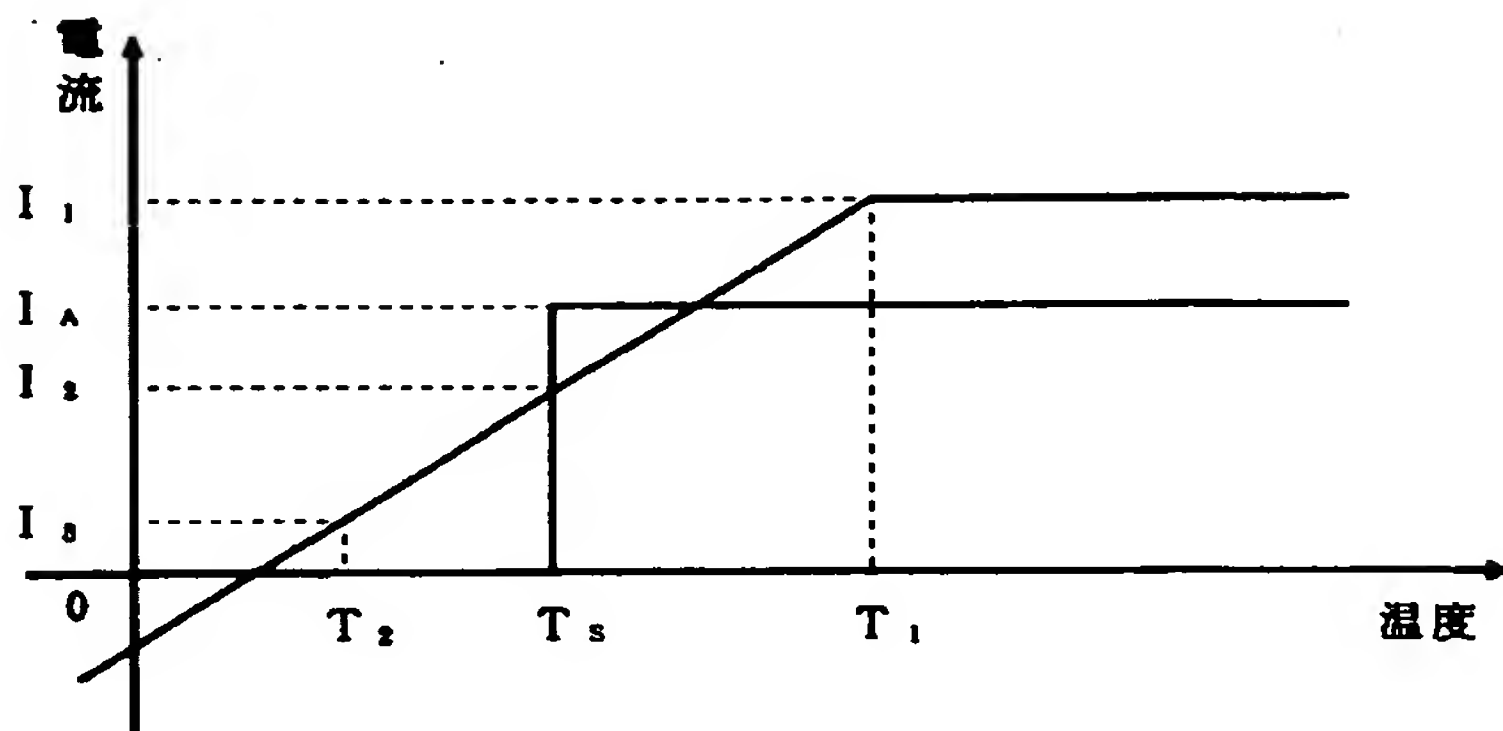
【図 7】

主ペルチェ素子と補助ペルチェ素子の駆動方式を説明する図（その 1）



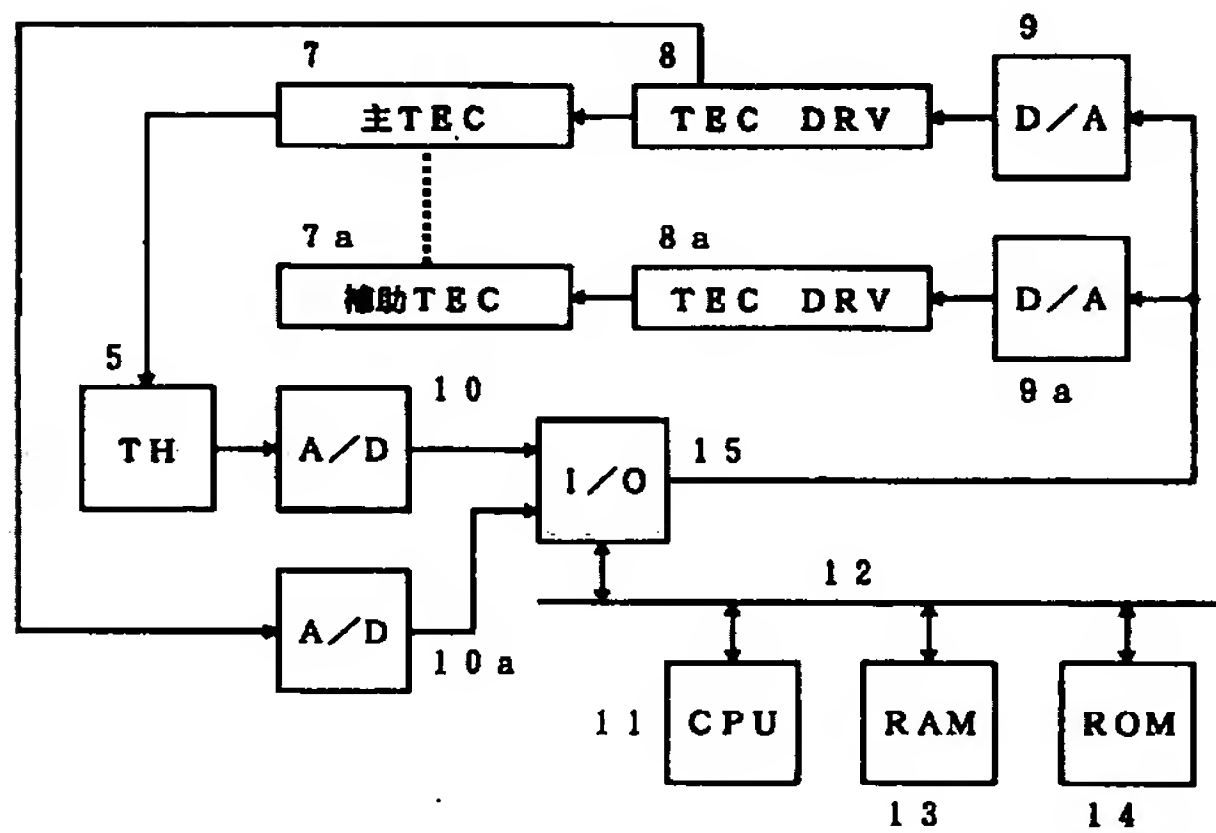
【図8】

主ペルチェ素子と補助ペルチェ素子の駆動方式を説明する図（その2）



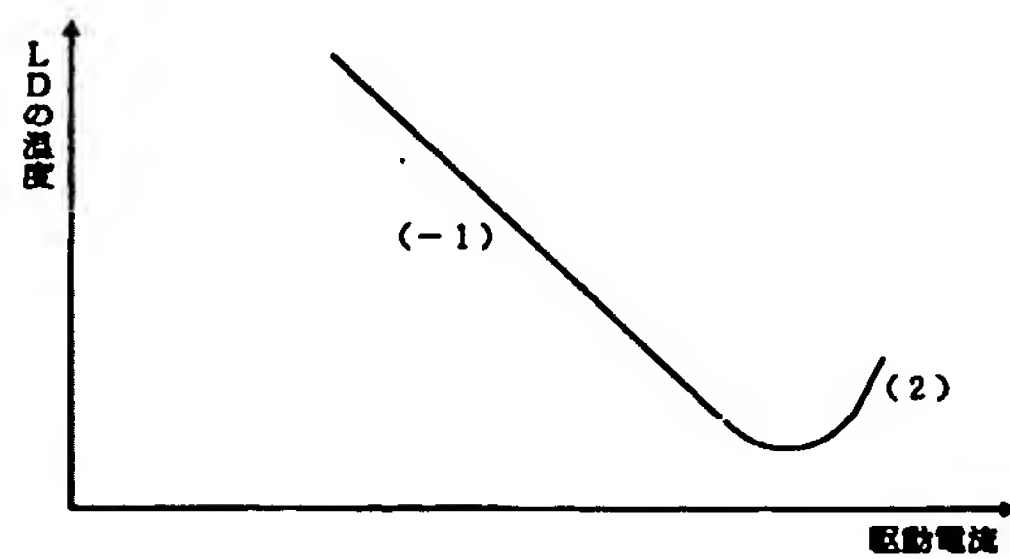
【図9】

主ペルチェ素子及び補助ペルチェ素子の駆動回路（その2）



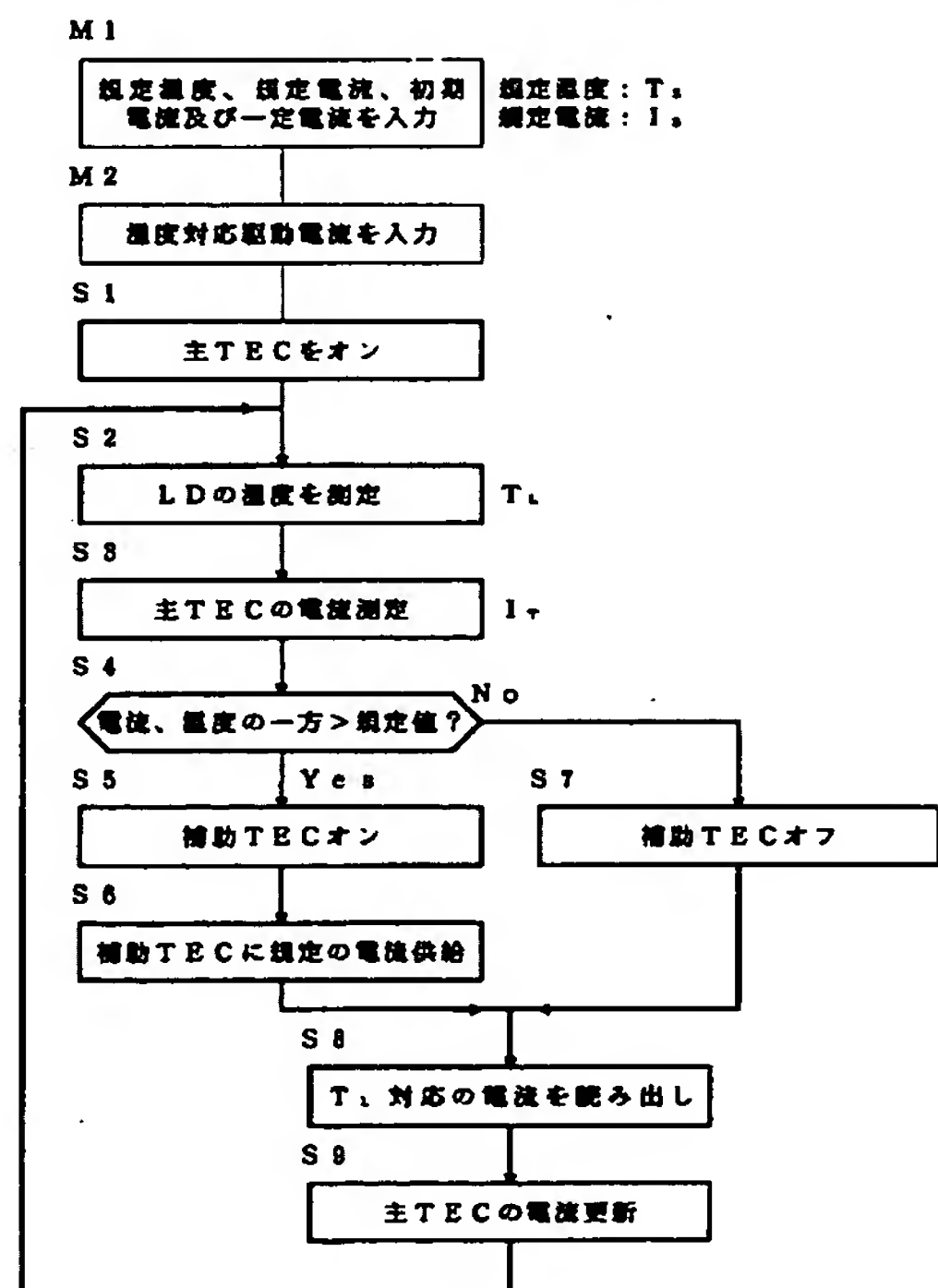
【図13】

ペルチェ素子による冷却の限界を示す図

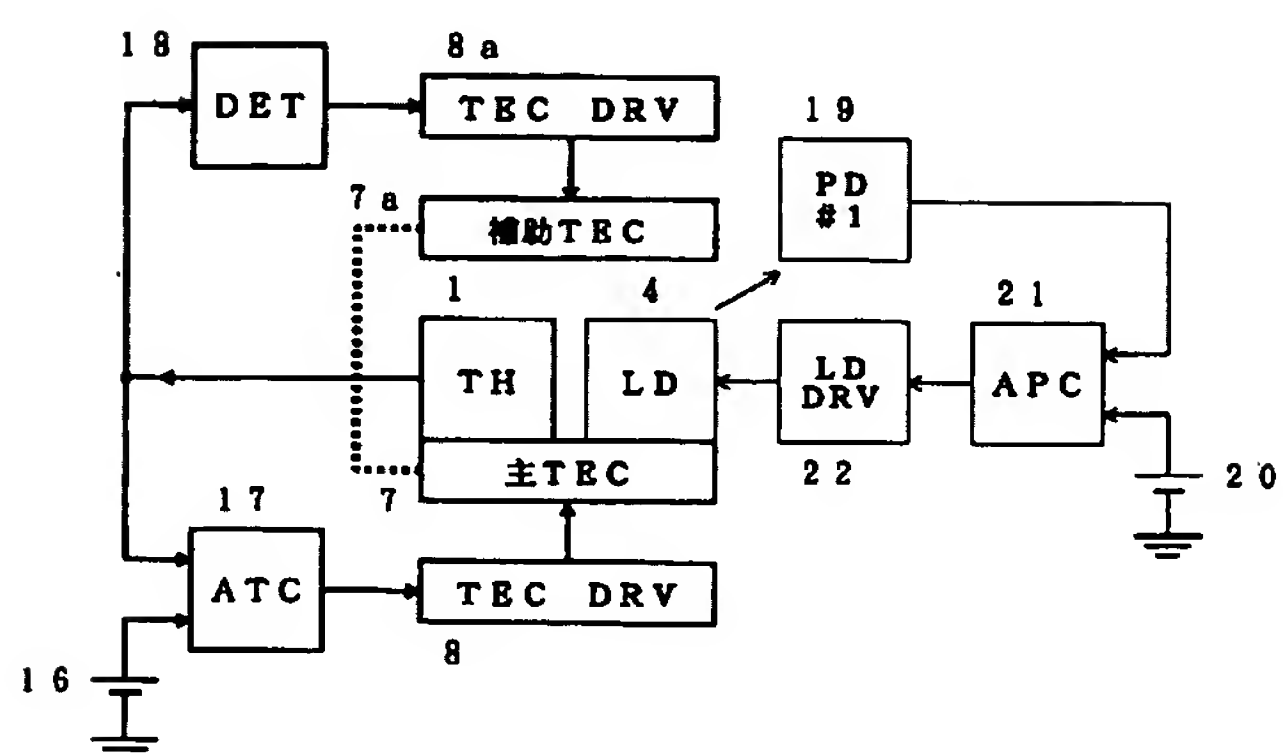


【図10】

主ペルチェ素子及び補助ペルチェ素子の駆動方式（その2）



主ペルチェ素子及び補助ペルチェ素子の駆動回路（その3）



従来の基本的な温度制御モジュール

1

(口) 正面図

